



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 015 493 A1** 2008.10.02

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 015 493.5**

(22) Anmeldetag: **30.03.2007**

(43) Offenlegungstag: **02.10.2008**

(51) Int Cl.⁸: **G01B 7/00** (2006.01)

A63B 71/06 (2006.01)

F41J 5/04 (2006.01)

A63B 63/00 (2006.01)

(71) Anmelder:
CAIROS technologies AG, 76307 Karlsbad, DE

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

(72) Erfinder:
**Englert, Walter, 88483 Burgrieden, DE; Bucher,
 Tilman, 81929 München, DE**

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

DE 102 52 934 A1

DE 27 32 543 A1

US2006/02 47 076 A1

EP 18 52 155 A1

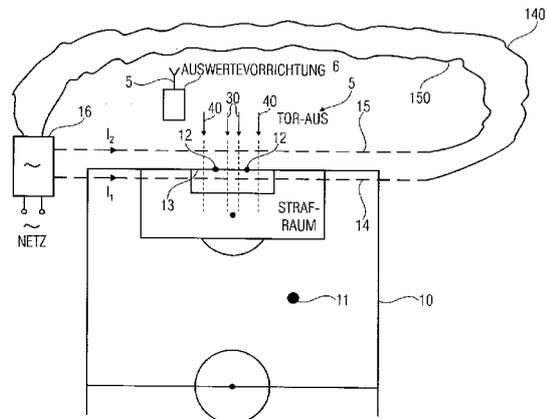
WO 2006/0 94 508 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Bewegungsbereich für einen mobilen Gegenstand und Auswertungsrichtung zum Feststellen einer Position eines mobilen Gegenstands**

(57) Zusammenfassung: Eine Position eines mobilen Gegenstands bezüglich einer Fläche in einem Bewegungsbereich, wobei der Bewegungsbereich einen Untergrund aufweist und die Fläche den Untergrund entlang einer Schnittlinie schneidet, wird dadurch festgestellt, dass ein Magnetfeld von einem ersten länglichen Magnetfelderzeugungsgegenstand, der in einem ersten Abstand von der Schnittlinie angeordnet ist, gemessen wird, und in dem ein Magnetfeld aufgrund eines zweiten länglichen Magnetfelderzeugungsgegenstands, der in einem zweiten Abstand auf einer anderen Seite der Schnittlinie in oder auf dem Untergrund angeordnet ist, gemessen wird. Aufgrund eines Vergleichs der gemessenen Magnetfelder wird festgestellt, ob sich der mobile Gegenstand vor oder hinter der Fläche befindet. Zum Unterscheiden, welches Magnetfeld von welchem Magnetfelderzeugungsgegenstand stammt, ist ein Generator vorgesehen, der die Magneterzeugungsgegenstände im Multiplex-Betrieb ansteuert. Die Magneterzeugungsgegenstände können Hin-Leiter einer Leiterschleife oder entgegengesetzt gewickelte Spulen oder Hin/Rück-Leiter-Kombinationen mit magnetisch abgeschirmten Rück-Leitern umfassen.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Positionserfassungssysteme und insbesondere auf die Erfassung einer Position eines mobilen Gegenstands in einem Bewegungsbereich bezüglich einer Fläche in dem Bewegungsbereich.

[0002] Insbesondere beim Fußball, aber auch bei anderen Sportarten gibt es oft Streitigkeiten, ob ein Ball im Tor war oder nicht. Jede Sportart, bei der das Ziel des Spiels darin besteht, einen Ball in eine bestimmte Position bezüglich einer Fläche zu bringen, hat mehr oder weniger komplizierte Regeln, wann ein Ball eine Linie überschritten hat oder in einem Tor war oder nicht. Insbesondere in Sportarten, in denen sich ein Ball beziehungsweise ein mobiler Gegenstand relativ schnell bewegt, beispielsweise beim Fußball, Handball, Football, Eishockey, etc. wird normalerweise auf einen Schiedsrichter vertraut, der zusammen mit weiteren Schiedsrichtern, wie beispielsweise den Linienrichtern, entscheidet, ob ein Tor geschehen ist oder nicht. Eine solche Entscheidung ist dann nicht schwierig, wenn der Ball im Tor liegen bleibt, also im Netz liegt, was eindeutig auf ein Tor schließen lässt. Wenn der Ball allerdings kurz hinter der Torlinie im Tor aufhüpft und dann aus dem Tor wieder heraus springt, kann nicht ohne weiteres festgestellt werden, ob es ein Tor war.

[0003] In einem solchen Fall erlauben bestimmte Sportarten eine Spielunterbrechung und es wird anhand einer Hochgeschwindigkeitskamera-Auswertung festgestellt, ob der Ball die Linie überschritten hat oder nicht. Beim Fußball wird zum Beispiel gefordert, dass der Ball mit einer kompletten Umdrehung, also mit einem gesamten Durchmesser die Torlinie überschritten hat, damit ein Tor gewertet wird.

[0004] Solche optischen Auswertungen unter Verwendung von Hochgeschwindigkeitskameras sind teuer, technisch aufwendig und benötigen Zeit zur Auswertung. Ferner wird immer noch ein Schiedsrichter benötigt, der sich ein Fernsehbild betrachtet, um dann anhand des Fernsehbilds zu entscheiden, ob ein Tor stattgefunden hat, oder nicht. Die Hochgeschwindigkeitskameras schaffen also keinen technisch generierten Vorschlag, ob ein Tor stattgefunden hat oder nicht, der von einem Schiedsrichter übernommen werden kann, oder der von einem Schiedsrichter zumindest als Hilfe für eine eigene Entscheidung verwendet werden kann.

[0005] Optische Auswertungssysteme können somit dann, wenn schnelle Kameras eingesetzt werden, eine relativ sichere Torentscheidung liefern. Sie haben jedoch noch nicht in großem Maße Einzug gehalten, was nicht zuletzt daran liegt, dass sie in der Anschaffung teuer sind, zu längeren Spielunterbrechungen führen und damit bewirken können, dass ein

eigentlich spannendes Spiel durch dauernde Auswertungspausen künstlich zerrissen wird, womit letztlich weder den Spielern noch den Vereinen noch den Zuschauern gedient ist.

[0006] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein verbessertes Konzept zur Positionserfassung zu schaffen.

[0007] Diese Aufgabe wird durch einen Bewegungsbereich gemäß Patentanspruch 1, eine Auswertungseinrichtung gemäß Patentanspruch 17 oder 31, ein Verfahren zum Betreiben eines Bewegungsbereichs gemäß Patentanspruch 33, ein Verfahren zum Auswerten gemäß Patentanspruch 34 oder 35 oder ein Computer-Programm gemäß Patentanspruch 36 gelöst.

[0008] Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass eine einfache und dennoch im Betrieb sichere und präzise Messung darin besteht, auf Magnetfelder zu vertrauen, die von Spielern und anderen zu erwarteten Gegenständen auf dem Spielfeld relativ wenig beeinflusst werden. Ferner wird zur Magnetfelderzeugung ein Satz aus wenigstens zwei Magnetfelderzeugungsgegenständen eingesetzt, die am oder im Untergrund in der Nähe einer Fläche angeordnet sind, bezüglich der die Position des mobilen Gegenstands bestimmt werden soll. Insbesondere wird ein erster länglicher elektrisch leitfähiger Magnetfelderzeugungsgegenstand vor einer Schnittlinie der Fläche mit dem Untergrund auf oder in dem Untergrund angeordnet, und wird ein zweiter länglicher elektrisch leitfähiger Magnetfelderzeugungsgegenstand in einem Abstand von der Schnittlinie von der zweiten Seite der Schnittlinie in oder auf dem Untergrund angeordnet.

[0009] Beide Magneterzeugungsgegenstände erzeugen, da sie im Falle eines einfachen Leiters z. B. nur den Hin-Leiter erfassen, ein Magnetfeld, das radial abnimmt. Die Abnahmecharakteristik des Magnetfelds eines geraden Leiters ist bekannt und ist proportional zu $1/r$, wobei r der Abstand von dem Leiter ist. Aufgrund der Tatsache, dass ein Leiter vor der Fläche und ein Leiter hinter der Fläche angeordnet ist, kann allein aufgrund eines Vergleichs der Magnetfelder, die von den beiden Leitern in einem Multiplex-Betrieb hervorgerufen werden, auf die Position des mobilen Gegenstands geschlossen werden. Ist das Magnetfeld aufgrund des Leiters vor der Fläche größer als das Magnetfeld aufgrund des Leiters hinter der Fläche, so kann gesagt werden, dass der mobile Gegenstand vor der Fläche liegt beziehungsweise sich zum Messzeitpunkt befunden hat, während dann, wenn das Magnetfeld aufgrund des Leiters hinter der Fläche größer ist als das Magnetfeld aufgrund des Leiters vor der Fläche, gesagt werden kann, dass sich der mobile Gegenstand zum Messzeitpunkt hinter der Fläche befunden hat.

[0010] Hat die Fläche, um die es geht, eine seitliche Begrenzung, wie beispielsweise dann, wenn es um ein Tor geht, das die Fläche definiert, die seitlich begrenzt ist, so ist wenigstens ein weiterer Magnetfelderzeugungsgegenstand ebenfalls zum Beispiel in Form eines geraden Leiters angeordnet, der in einem spitzen Winkel oder vorzugsweise senkrecht zu den beiden anderen Magnetfelderzeugungsgegenständen angeordnet ist. Dieser dritte Magnetfelderzeugungsgegenstand wird ebenfalls im Multiplex-Betrieb erregt und liefert allein, über einen Schwellenvergleich, ein Indiz, ob sich der Gegenstand innerhalb oder außerhalb der Begrenzung der Fläche befindet. Wenn jedoch zusätzlich zum dritten Magnetfelderzeugungsgegenstand ein vierter Magnetfelderzeugungsgegenstand angeordnet wird, wobei sich von dem dritten und vierten Magnetfelderzeugungsgegenstand einer innerhalb der Begrenzung und ein anderer außerhalb der Begrenzung befindet, so kann wiederum allein aufgrund eines Vergleichs zwischen den beiden Magnetfeldwerten analog zu den beiden ersten Magnetfeldwerten festgestellt werden, ob sich der mobile Gegenstand zum Messzeitpunkt innerhalb oder außerhalb der Begrenzung befunden hat.

[0011] Ist die Fläche auch nach oben begrenzt, wie es beim Fußball der Fall ist, oder nach unten begrenzt, so wird es bevorzugt, hierfür einen Schwellenvergleich vorzunehmen, dahingehend, dass dann, wenn eines der potentiell vier Magnetfelder oder eine Untergruppe der vier Magnetfelder kleiner als eine Schwelle ist, das Ergebnis erhalten wird, dass sich der Ball oberhalb des Tors befunden hat und nicht im Tor war. Ist dagegen der von einem Magnetfeld gemessene Wert größer als eine Schwelle, so kann davon ausgegangen werden, dass sich der Ball näher am Boden befunden hat und damit unterhalb der Latte gewesen ist.

[0012] Erst dann, wenn der Ball hinter der Torlinie aufgrund der ersten beiden Magnetfelder detektiert worden ist, wenn der Ball zwischen den beiden Pfosten aufgrund des zweiten und dritten Magnetfelderzeugungsgegenstands detektiert worden ist, und wenn ferner detektiert worden ist, dass der Ball niedriger als eine bestimmte Höhe war, wird zum Beispiel beim Fußball ein Tor signalisiert und zwar unter der Voraussetzung, dass eine Nachkorrekturereinrichtung, die den Verlauf des Balls mehr oder weniger detailliert nachverfolgt hat, keine Torsignaldeaktivierung bewirkt. Wenn der Ball nämlich aus einem Bereich in das Tor eintritt, der aufgrund des Vorwissens über erlaubte und nicht erlaubte Bahnen des Balls eingestellt worden ist, so wird trotz einer Erfüllung der drei oben bezeichneten Kriterien dennoch keine Torsignalausgabe erzeugt.

[0013] Es sei darauf hingewiesen, dass das Prinzip der Plausibilitätsüberprüfung der Position des mobilen Gegenstands bezüglich der Fläche unabhängig

von Magnetfelderzeugungsgegenständen an sich und insbesondere von den beschriebenen länglichen geraden Leitern oder Spulen eingesetzt werden kann, also auch sogar bei einer optischen Erfassung, wenn nämlich eine frühere Position des Balls berücksichtigt wird, um eine mehr oder weniger rudimentäre Balltrajektorie nachzuvollziehen. Hierbei wird ein neutraler Bereich, ein Einschaltbereich und ein Ausschaltbereich definiert. Eine Torsignalaktivierung kann z. B. nur dann stattfinden, wenn der Ball aus dem neutralen Bereich in das Tor hinein gebracht worden ist. Eine Torsignalaktivierung kann jedoch nicht erfolgen, wenn der Ball vom Ausschaltbereich über den neutralen Bereich, also ohne über den Einschaltbereich zu laufen, in das Tor hinein gebracht worden ist.

[0014] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend bezugnehmend auf die beiliegenden Zeichnungen detailliert erläutert. Es zeigen:

[0015] Fig. 1 eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform;

[0016] Fig. 2 eine detailliertere Darstellung der Anordnung der Magnetfelderzeugungsgegenstände bezüglich eines Tors;

[0017] Fig. 3 eine detailliertere Darstellung zur Verdeutlichung der Position der Umdrehungslinie zur Torlinie und zum vorderen und zum hinteren Leiter;

[0018] Fig. 4 ein Zeitdiagramm zur Illustration einer Zeitmultiplex-Anregung von vier Magnetfelderzeugungsgegenständen;

[0019] Fig. 5a eine schematische Darstellung verschiedener logischer Operationen, um bestimmte Positionen bezüglich einer Fläche in dem Bewegungsbereich zu bestimmen;

[0020] Fig. 5b eine schematische Darstellung der Auswertungsvorrichtung;

[0021] Fig. 6 eine Darstellung der Magnetfeldverhältnisse in makroskopischen Dimensionen bezüglich eines Fußballtors mit einer Torbreite von 7,44 m;

[0022] Fig. 7 eine schematische Darstellung der Magnetfeldsituationen von zwei Magnetfelderzeugungsgegenständen bezüglich der Fläche;

[0023] Fig. 8 eine alternative Anordnung der Magnetfelderzeugungsgegenstände für ein Fußballfeld mit weit von einander entfernten Bewegungsbereichen;

[0024] Fig. 9 eine alternative Implementierung mit einer Abschirmung des Rückleiters einer Hin-/Rück-

leiter-Konstruktion der Magnetfelderzeugungseinrichtung;

[0025] **Fig. 10a** eine schematische Darstellung des longitudinalen Feldes einer gegenläufig gewickelten langen Spule, bei der das rotatorische Feld kompensiert ist;

[0026] **Fig. 10b** eine vergrößerte Darstellung eines Ausschnitts der Spule von **Fig. 10a**;

[0027] **Fig. 11** eine schematische Darstellung des mobilen Gegenstands am Beispiel eines Balls;

[0028] **Fig. 12a** eine Draufsicht auf einen Bewegungsbereich mit neutralem Bereich, Ausschaltbereich und Einschaltbereich; und

[0029] **Fig. 12b** eine schematische Darstellung der möglichen Zustandsübergänge, wie sie von der Auswertevorrichtung verwendet werden, um eine Plausibilitätsüberprüfung durchzuführen, beziehungsweise um eine Torsignalisierung generell zu aktivieren oder zu deaktivieren.

[0030] **Fig. 1** zeigt einen Bewegungsbereich, wie beispielsweise einen Torbereich eines Fußballfeldes **10**, für einen mobilen Gegenstand, wie beispielsweise einen Fußball **11**, der in **Fig. 1** weit vom Strafraum entfernt gezeigt ist, also noch nicht in dem Bewegungsbereich, in dem gemessen wird, angeordnet ist. Generell ist die Position des mobilen Gegenstands bezüglich einer Fläche in dem Bewegungsbereich festzustellen. Die Fläche in dem Bewegungsbereich ist zum Beispiel eine durch ein Tor, dessen Torpfosten bei **12** gezeigt sind, aufgespannte Fläche beziehungsweise, genauer gesagt, eine Fläche, die parallel zu der durch das Tor aufgespannten Fläche ist, jedoch um einen halben Balldurchmesser nach hinten versetzt, wenn als Tor definiert wird, dass ein Ball die Fläche, die durch das Tor aufgespannt wird, komplett durchdrungen hat, oder die Fläche, die hinter dem Tor aufgespannt wird, genau zur Hälfte durchdrungen hat.

[0031] Der Bewegungsbereich hat insbesondere einen Untergrund, wie beispielsweise den Fußballrasen im Strafraum, wobei die Fläche, um die es geht, den Untergrund schneidet, also nicht parallel zum Untergrund ist, sondern vorzugsweise sogar senkrecht zum Untergrund angeordnet ist. Selbstverständlich kann es Abweichungen beim Aufbau eines Fußballtors, eines Handballtors, eines Eishockeytors, etc. geben, derart, dass die Flächen nicht unbedingt 100%ig senkrecht zum Untergrund ist, sondern in einem vorbestimmten Toleranzbereich senkrecht zum Untergrund ist, wobei dieser Toleranzbereich je nach Implementierung plus oder minus 5° von der Vertikalen oder vielleicht plus oder minus 10° von der Vertikalen ausgerichtet ist, je nach Größe des Tors.

Nachdem die Fläche jedoch den Untergrund schneidet, existiert eine Schnittlinie, die mit der Torlinie oder der Umdrehungslinie identisch ist, die bei **13** eingezeichnet ist. Zur Positionsdetektion ist ein erster länglicher leitender Magnetfelderzeugungsgegenstand **14** vorgesehen, der in einem ersten Abstand d_1 (**Fig. 2**) von der Schnittlinie auf einer ersten Seite der Schnittlinie in oder auf dem Untergrund angeordnet ist. Ferner ist ein zweiter länglicher elektrisch leitfähiger Magnetfelderzeugungsgegenstand **15** angeordnet, der in einem zweiten Abstand d_2 (**Fig. 2**) von der Schnittlinie auf einer zweiten Seite der Schnittlinie in oder auf dem Untergrund angeordnet ist.

[0032] Es sei darauf hingewiesen, dass die beiden Magneterzeugungsgegenstände **14**, **15** in dem Untergrund vergraben sein können, also zum Beispiel unterhalb des Fußballrasens verlaufen, oder auf dem Rasen aufliegen, je nachdem welche Alternative sicher ist. Für Sportarten, wie beispielsweise Fußball wird es bevorzugt, die beiden länglichen Magneterzeugungsgegenstände zu vergraben beziehungsweise wenigstens den vorderen Magnetfelderzeugungsgegenstand **14** zu vergraben, damit er nicht aus seiner Position gebracht wird, wenn zum Beispiel ein Fußballspiel stattfindet.

[0033] Ferner sind der erste und der zweite Magnetfelderzeugungsgegenstand **14**, **15** ausgebildet, um ein bezüglich des Magnetfelderzeugungsgegenstands radial mit zunehmendem Abstand abnehmbares Magnetfeld zu erzeugen.

[0034] Darüber hinaus ist ein Generator **16** vorgesehen, der ausgebildet ist, um die beiden Magneterzeugungsgegenstände mit einem Wechselstrom und in einem Multiplex-Betrieb anzusteuern. Die Wechselstromamplitude ist in **Fig. 1** für beide Leiter bei I_1 , I_2 eingezeichnet. Je nach Implementierung wird ein Wechselstrom oder Gleichstrom verwendet. Um vom Erdmagnetfeld unabhängig zu werden beziehungsweise um einen Zustand zu erreichen, bei dem Magnetfelder ausreichen, die wesentlich kleiner als das Erdmagnetfeld sind, wird es bevorzugt, durch den Generator **16** Wechselstrom in die beiden Magneterzeugungsgegenstände **14**, **15** einzuspeisen. Die Richtungen der Stromamplituden I_1 , I_2 sind jedoch beliebig, was im Falle eines Wechselstroms ohnehin klar ist. Im Falle eines Gleichstroms sind die Richtungen jedoch ebenfalls beliebig, wenn sich dadurch lediglich die Richtung des Magnetfelds ändert. Es wird jedoch bevorzugt, einen richtungsunabhängigen Magnetfeldsensor in dem Ball **11** zu verwenden, so dass eine Richtung eines Magnetfelds und damit eine Stromrichtung des Stroms, wie er vom Generator **16** erzeugt wird, unerheblich ist.

[0035] Der Multiplex-Betrieb, in dem der Generator **16** betrieben wird, kann ein Zeit-Multiplex, ein Frequenz-Multiplex, ein Code-Multiplex oder eine Kom-

bination verschiedener Multiplexarten sein, wie beispielsweise ein kombinierter Zeit- und Frequenz-Multiplex.

[0036] Je nach Implementierung wird es bevorzugt, dass der Generator, wie es in [Fig. 8](#) dargestellt ist, einen Wechselstrom mit einer Frequenz liefert, die zwischen 500 und 10000 Hz liegt und vorzugsweise zwischen 2500 und 3500 Hz liegt. Ferner liefert der Generator eine Spannung mit etwa 100 bis 1000 Volt, die insbesondere bei etwa 400 bis 600 Volt liegen kann. Die Stromaufnahme des Leiters hängt von diversen Faktoren ab, insbesondere auch von der Länge des Leiters und wird je nach Implementierung und Torgröße auf einen Wert zwischen 0,05 und 10 A eingestellt, wobei Werte im Bereich von 0,5 bis 1,5 A für viele Anwendungen bevorzugt werden. Die Umschaltfrequenz des Zeit-Multiplex-Betriebs liegt zwischen 10 und 5000 Hz, wobei generell jedoch bevorzugt wird, dass die Multiplex-Umschaltfrequenz f_{MUX} kleiner gleich der halben Wechselstromfrequenz f_{AC} ist, wie es in [Fig. 8](#) angedeutet ist.

[0037] Die Funktionalität der vorliegenden Erfindung wird nachfolgend anhand von [Fig. 7](#) erläutert. [Fig. 7](#) zeigt in einem Schnitt senkrecht zum Tor die Situation für zwei Positionen. Die erste Position A ist kein Tor, da die Torfläche **19** rechts bezüglich der Position A liegt. Ferner wird davon ausgegangen, dass der Abstand der beiden Leiter **14**, **15** von der Schnittlinie **20** der Fläche **19** mit dem Untergrund **21** gleich weit von beiden Leitern entfernt ist. Bei dem in [Fig. 7](#) gezeigten Beispiel sind somit die beiden Abstände d_1 und d_2 gleich. Da die Magnetfeldbeträge proportional $1/r$ abnehmen, wird das Magnetfeld, das von einem Ball an der Position A gemessen wird, und das vom Leiter **14** stammt, größer sein als das Magnetfeld, das vom Leiter **15** stammt, da die Position A um den Abstand $A1$ vom Leiter **14** entfernt ist, wobei dieser Abstand $A1$ kleiner als der Abstand $A2$ ist. Es wird daher beispielsweise eine Signalisierung ausgegeben, dass kein Tor vorliegt. Diese Signalisierung wird vorzugsweise allein aufgrund des Vergleichs der Werte $B1$ und $B2$ vorgenommen, so dass keine Absolutwertmessungen, die zu kalibrieren wären, gebraucht werden.

[0038] An der Position C hingegen ist die Situation umgekehrt. Der Abstand $C2$ vom Punkt C zum Leiter **15** ist kleiner als der Abstand $C1$ des Punkts C zum Leiter **14**. Daher wird festgestellt, dass der Ball im Tor ist, da das Magnetfeld $B1$ kleiner als das Magnetfeld $B2$ ist, das von dem Ball gemessen wird, wenn er an der Position C ist.

[0039] Es sei darauf hingewiesen, dass die Abstände d_1 und d_2 der beiden Leiter nicht unbedingt gleich sein müssen. Damit jedoch ein einfacher Vergleich funktioniert, sollte das Magnetfeld genau auf der Fläche von beiden Leitern gleich groß sein. Um dies bei

nicht gleichen Abständen zu erreichen, kann alternativ zur Einspeisung einer identischen Stromamplitude in die Leiter eine Einspeisung mit zwei unterschiedlichen Stromamplituden vorgenommen werden. Wenn beispielsweise der Abstand d_2 kleiner als der Abstand d_1 ist, so müsste der Leiter **14** mit einer größeren Stromamplitude betrieben werden, um sein „Abstandsdefizit“ auszugleichen. Es wird daher bei einem Ausführungsbeispiel der Wert der Stromamplitude zu Kalibrationszwecken eingesetzt, um Verlege-Ungenauigkeiten auszugleichen. Wenn jedoch ähnliche Abstände erreicht werden, kann auf diese Kalibration verzichtet werden, und es kann dennoch mit einem einfachen Vergleich gearbeitet werden. Aufgrund der Tatsache, dass die Charakteristik des Magnetfelds bekannt ist, also dass das Magnetfeld gemäß $1/r$ abnimmt, könnte auch allein aufgrund der Kenntnis der beiden Abstände d_1 , d_2 selbst dann, wenn die Abstände nicht gleich sind und beispielsweise gleiche oder beliebige bekannte Amplituden durch die Leiter geleitet werden, eine Berechnung im Sinne einer Triangulations-Bestimmung vorgenommen werden, um festzustellen, ob sich die zu untersuchende Position vor oder hinter der Fläche **19** befindet. Es wird jedoch bevorzugt, dieselben Amplituden, dieselben Abstände und lediglich einen Vergleich zu nehmen, um einen Zustand vor oder hinter dem Tor signalisieren zu können.

[0040] Im Fußball und in vielen anderen Sportarten ist jedoch die Fläche auch seitlich begrenzt, nämlich durch die Torpfosten **12**, wie es in [Fig. 2](#) gezeigt ist. Insbesondere zeigt [Fig. 2](#) einen vergrößerten Ausschnitt der Situation in [Fig. 1](#), wobei in [Fig. 2](#) zwei weitere Magneterzeugungsgegenstände **30**, **40** angeordnet sind, deren Funktionalität analog zu der Funktionalität der Magneterzeugungsgegenstände **14**, **15** ist, wobei die Anordnung nun jedoch senkrecht innerhalb eines Toleranzbereichs von beispielsweise $\pm 10^\circ$ stattfindet. Damit wird gewissermaßen eine Fläche „überwacht“, die zwischen den beiden Leitern **30**, **40** liegt und den Torpfosten **12** beinhaltet. Durch den einfachen Vergleich eines Magnetfelds aufgrund des Leiters **3** mit einem Magnetfeld aufgrund des Leiters **4** kann festgestellt werden, ob sich der Ball innerhalb oder außerhalb des Torpfostens befunden hat.

[0041] Alternativ genügt jedoch eine einzige dritte Magneterzeugungsleiteranordnung in der Mitte zwischen den beiden Torpfosten, wobei dann ein Schwellenvergleich ausreicht, um festzustellen, ob das Magnetfeld aufgrund des dritten Leiters **30** mehr als eine Schwelle abgefallen ist. Wird dies festgestellt, so befindet sich der Ball außerhalb des Torpfostens, also in einem zu großen Abstand vom mittig angeordneten Leiter **3**, als dass ein Tor stattgefunden hat, während dann, wenn das Magnetfeld aufgrund des Leiters **3** größer als die Schwelle ist, von einem Tor gesprochen wird.

[0042] Alternativ können jedoch auch die beiden Leiter **30** in **Fig. 2** nicht vorhanden sein und es sind lediglich die beiden Leiter **40** vorhanden. Dann würde wieder aufgrund eines Schwellenvergleichs festgestellt werden, dass das Magnetfeld klein genug ist, dass sich der Ball innerhalb des Torpfostens befindet. In diesem Fall ist die Schwelle nicht eine Maximalschwelle, sondern eine Minimalschwelle.

[0043] Ein Fußballtor beispielsweise hat ferner eine obere Begrenzung, die in **Fig. 7** bei **41** eingezeichnet ist und durch die Querlatte geschaffen wird. Um zu detektieren, ob ein Ball oberhalb oder unterhalb der Querlatte **41** war, wird bei einem Ausführungsbeispiel ein Schwellwertvergleich vorgenommen, und zwar eine Maximalschwelle. Ist das Magnetfeld aufgrund des Leiters **14**, **15** oder, wenn weitere Leiter vorhanden sind, aufgrund des Leiters **30** oder **40** z. B. größer als die Schwelle, die der Querlatten-Position **41** entspricht, so wird davon ausgegangen, dass der Ball im Tor war, während dann, wenn ein Magnetfeld kleiner als die Schwelle ist, davon ausgegangen wird, dass der Ball oberhalb der oberen Begrenzung **41** war.

[0044] Für diesen Schwellenvergleich zur Ermittlung der Position des Balls bezüglich der oberen Begrenzung können beide Magnetfelder aufgrund des ersten oder des zweiten Leiters **14**, **15** eingesetzt werden. Alternativ würde auch ein einziges Magnetfeld genügen. Ferner können auch die weiteren Magnetfelder herangezogen werden, beispielsweise in Form einer gewichteten Mittelung, einer Mehrheitsentscheidung etc.

[0045] Insbesondere beim Fußball ist jedoch die Erfassung, ob ein Ball oberhalb oder unterhalb der Querlatte war, relativ unproblematisch, da er dann, wenn er unterhalb der Querlatte war und eine „normale“ Bahn genommen hat, im Netz liegen bleibt. Wenn er dagegen oberhalb der Querlatte war, so wird er nicht im Netz landen und hinter dem Tor liegen bleiben. Wenn der Ball jedoch im Sinne eines „Wembley“-Tors, welches an die Erfassung hohe Ansprüche stellt, springt, so ist die Erfassung in vertikaler Richtung unproblematisch, und die Hauptaufgabe liegt in dem Relativ-Vergleich des ersten und des zweiten Leiters, welche mit maximaler Genauigkeit und ohne Schwelle arbeitet. Die obere Schwelle kann daher ohne weiteres verwendet werden, da diese Dimension von allen zu überwachenden Dimensionen die am wenigsten kritische Dimension ist.

[0046] Alle anderen Dimensionen, nämlich die seitliche und Vorne/Hinten-Position des Balls werden durch Vergleich von zwei in kurzen zeitlichen Abständen erhaltenen Messungen gewonnen, so dass systematische Fehler, die alle Messwerte gleich betreffen, wobei diese Fehler die häufigsten sind, aufgrund des Vergleichs selbst eliminieren.

[0047] **Fig. 3** zeigt eine noch detailliertere Darstellung der Situation beim Fußball, wobei die Fußballregel besteht, dass ein Ball mit seiner Gesamtumdrehung die Torlinie **35** überquert haben muss. Es existiert daher eine Umdrehungslinie **36**, die parallel zur Torlinie **35** verläuft und von der Torlinie um den Radius des Balls beabstandet ist. Bei einer Implementierung der vorliegenden Erfindung werden die beiden Abstände d_1 , d_2 bezüglich der Umdrehungslinie nicht bezüglich der Torlinie gemessen, wobei dann, wenn die beiden Abstände bezüglich der Umdrehungslinie **36** gemessen werden, vorzugsweise der Fall verwendet wird, bei dem $d_1 = d_2$ ist, da dann eine einfache Vergleichsoperation, wie sie nachfolgend Bezug nehmend auf **Fig. 5a** erläutert wird, zur Detektion ausreichend ist. Bei der in **Fig. 3** gezeigten Darstellung wird davon ausgegangen, dass der Magnetfeldsensor in der Mitte des Balls, also im Schwerpunkt des Balls angeordnet ist, wie es bei **9** in **Fig. 3** gezeigt ist.

[0048] Eine schematische Darstellung des Balls **11** wird in **Fig. 11** gezeigt, wobei davon ausgegangen wird, dass ein Prozessor **8** in der Mitte des Balls angeordnet ist, wobei dieser Prozessor vorzugsweise ebenfalls genau in seiner Mitte den richtungsunabhängigen Betrags-Magnetfeldsensor **9** umfasst, und wobei die Erfassungsdaten über eine Antenne **7** zu einer entfernten Erfassungs-/Auswertungsseinheit gesendet werden, die z. B. im Torraumbereich angeordnet ist. Eine solche Auswertevorrichtung **6** ist in **Fig. 1** gezeigt, wobei diese Auswertevorrichtung vorzugsweise über eine Antenne **5** drahtlos mit dem Ball kommuniziert bzw. drahtlos von dem Ball Magnetfeldmessungen erhält. Wenn jedoch die Auswertevorrichtung, die Bezug nehmend auf **Fig. 5a** und **Fig. 5b** detailliert erläutert wird, bereits im Ball angeordnet ist, so kann der Ball die komplette Anzahl von Komparatoroperationen durchführen, um eine Torentscheidung selbst zu liefern, beispielsweise über ein Funksignal, ein Infrarotsignal, ein akustisches und/oder optisches Signal z. B. mittels einer LED, die am Ball selbst sichtbar ist, und die z. B. zu leuchten beginnt, wenn ein Tor stattgefunden hat.

[0049] Aufgrund der Tatsache, dass die Verhältnisse im Ball für elektronische Schaltungen robust sind und aufgrund der Tatsache, dass einfacher eine Softwareaktualisierung in der Auswertevorrichtung **6** stattfinden kann, wird es jedoch bevorzugt, dass der Ball **11** Magnetfeldmesswerte sendet, und dass die gesamte Auswertung in der Auswertevorrichtung **6**, die extern bezüglich des Balls angeordnet ist, stattfindet. Die Auswertevorrichtung könnte dann ihre Informationen beispielsweise an eine digitale Uhr oder ein sonstiges kleines Anzeigergerät zu dem bzw. den Schiedsrichtern zusammen mit einem Vibrationsalarm oder einem akustischen Alarm schicken, damit der Schiedsrichter davon informiert wird, dass der Ball ein Tor anzeigt, um davon abhängig zu pfeifen oder um diesen Hinweis zumindest als Entschei-

dungshilfe zu nehmen.

[0050] Fig. 4 zeigt eine Zeitsequenz, wie sie von dem Generator **16** durchgeführt werden kann, um in einem zweiten Multiplexbetrieb die vier Leiter **14**, **15**, **30**, **40** zeitlich seriell zu betätigen. Der Ball würde dann zu den Zeitpunkten t_1 , t_2 , t_3 , t_4 das gerade aktuelle Magnetfeld messen und würde dann, wenn eine korrekte Synchronisation vorgenommen worden ist, wissen, welcher Messwert von welchem Leiter stammt. Alternativ könnte der Ball jedoch auch einfach eine Sequenz senden und die Auswertevorrichtung **6** würde dann aufgrund der Reihenfolge der Sequenz, wie sie vom Generator erzeugt worden ist und aufgrund der Reihenfolge der empfangenen Daten eine weitere Zuordnung durchführen können. Zu diesem Zweck würde eine drahtgebundene oder drahtlose Verbindung zwischen der Auswertevorrichtung **6** und dem Generator **16** existieren.

[0051] Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass der Generator **16** alternativ auch im Frequenzmultiplex, im Codemultiplex oder in einer Kombinations-Multiplexbetriebsweise arbeiten kann, beispielsweise in einem kombinierten Zeit/Frequenzmultiplex. Beim Frequenzmultiplex wäre jedem Leiter eine eigene Frequenz zugeordnet, so dass der Generator **16** vier verschiedene Frequenzen, die z. B. um 200 Hz unterschiedlich sind, so dass bequem gefiltert werden kann, erzeugt. Im Codemultiplex hätte jeder Leiter eine eigene Codesequenz, die zu den anderen Codesequenzen orthogonal ist, so dass ein störsicherer Betrieb erreicht werden kann, der jedoch dann, wenn sehr schnelle Ballbewegungen zu erwarten sind, eine warten sind, eine relativ hohe Umschaltfrequenz und damit eine relativ hohe Magnetfeldfrequenz bedingen kann.

[0052] Wenn, wie es in Fig. 1 und in weiteren Figuren gezeigt ist, ein gerader Leiter **14**, **15** zur Magnetfelderzeugung verwendet wird, so wird dann, wenn der Rückleiter **140**, **150** zu nahe am Hinleiter **14**, **15** angeordnet wird, eine Magnetfeldkompensation stattfinden, so dass kein Sensorsignal mehr übrig bleibt. Erfindungsgemäß wird daher der Rückleiter **140** und wird der Rückleiter **150** relativ weit entfernt von den beiden Hinleitern angeordnet. Je nach Implementierung wird eine derart weite Entfernung angestrebt, dass im interessierenden Bereich, also in der Fläche bzw. der Nähe der Fläche in dem Bewegungsbereich ein aufgrund des Rückleiters erzeugtes Feld kleiner als 10% und vorzugsweise kleiner als 1% des Felds ist, das in der Fläche des Bewegungsbereichs von dem Hinleiter **14** bzw. **15** erzeugt wird. Obgleich man den Rückleiter durch einen Erdanker implementieren könnte, was eine preisgünstige Implementierung darstellt, wird bei einer anderen Implementierung mit einem definierten Rückleiter **140**, **150** gearbeitet, da dann definierte Verhältnisse existieren und nicht zufällig ein Rückleiter-Stromweg, der sich z. B.

aufgrund der geologischen Verhältnisse ergibt, dennoch sehr nah an der Fläche in dem Bewegungsbereich vorbeigeht und somit die Messgenauigkeit beeinträchtigen würde.

[0053] Der Generator **16** ist ein Wechselstromgenerator mit den benötigten Daten und ist mit dem Netz verbunden. Unter Umständen kann eine galvanische Entkopplung beispielsweise für einen Transformator stattfinden, damit keine Netzprobleme erzeugt bzw. in die Messung hineingetragen werden.

[0054] Fig. 5a zeigt eine schematische Darstellung der Funktionalitäten, die von der Auswertevorrichtung **6** vorgenommen werden muss, die in Fig. 1 dargestellt ist, und die in Fig. 5b detaillierter dargestellt ist.

[0055] Insbesondere wird eine erste Komparatorfunktion **60** vorgenommen, um den Magnetfeldwert aufgrund des ersten Leiters **14** (B1) mit dem Magnetfeldmesswert aufgrund des zweiten Leiters **15** (B2) zu vergleichen. Ist B1 größer als B2, so befindet sich der Ball im Strafraum also mit Sicherheit vor der Torlinie, während der Ball dann, wenn B1 kleiner als B2 ist, sich der Ball hinter der Umdrehungslinie **36** befindet. Ob der Ball jedoch im Tor ist oder nicht, wird erst durch den Vergleich festgestellt, der durch den Komparator **61** vorgenommen wird. Hier werden nämlich die Magnetfeldwerte aufgrund der Leiter **30**, **40**, also B3, B4 miteinander verglichen, um dann festzustellen, wenn B3 größer als B4 ist, dass sich der Ball zwischen den Pfosten befindet, während dann, wenn B3 kleiner als B4 ist, der Ball sich außerhalb der Pfosten befindet.

[0056] Wenn Fig. 1 betrachtet wird, so wird ersichtlich, dass dann, wenn nur B4 und nicht B3 gemessen wird, wenn der Wert B3 sehr klein ist oder unterhalb der Messgenauigkeit des Sensors ist, der Ball weit weg vom Tor ist, aber unter Umständen in der Nähe der Torlinie ist, sofern B1 und B2 nach wie vor messbar sind. Wenn jedoch weder B3 noch B4 messbar sind, aber B1 und B2 messbar sind, so ist der Ball ganz weit weg vom Tor, aber in der Nähe der Torlinie, beispielsweise außerhalb des Strafraums bei der Eckfahne.

[0057] Wenn kein B1 aber B2 gemessen wird, so befindet sich der Ball weit hinter dem Tor, während dann, wenn nur B2, aber kein B1 gemessen wird, der Ball relativ weit weg vom Sensor liegt, z. B. in der Nähe des 11-Meterpunkts oder sogar an der Strafraum-Grenze.

[0058] Zur vertikalen Erfassung wird eine weitere Komparatoroperation **62** bei einer speziellen Ausführungsform eingesetzt. Hier wird eine Schwelle **63** mit einem oder mehreren Magnetfeldmesswerten B1 und/oder B2 und/oder B3 und/oder B4 verglichen, um

festzustellen, dass, wenn B_i ($i = 1, 2, 3$ oder 4) größer als die Schwelle ist, der Ball unterhalb der Torlatte ist, während dann, wenn B_i kleiner als die Schwelle ist, der Ball über der Torlatte ist.

[0059] Bei diesem Ausführungsbeispiel wird daher ein Tor erkannt, wenn B_1 kleiner als B_2 ist, wenn B_3 größer als B_4 ist, und wenn B_1 oder B_2 oder B_3 oder B_4 oder ein Mehrheitsvotum aus B_1 bis B_4 oder ein Mittelwert größer als eine Schwelle ist.

[0060] Erst dann wird bei einem Ausführungsbeispiel ein Tor signalisiert.

[0061] Die Funktionalitäten der Einrichtung **60**, **61**, **62** finden bei dem in [Fig. 5B](#) gezeigten Ausführungsbeispiel für die Auswertevorrichtung in einer Reineinheit **65** statt.

[0062] Vorzugsweise wird noch eine Nachkorrektur-einrichtung **66** vorgesehen, die bei einer Implementierung mit einem Speicher **67** gekoppelt ist, wobei der Speicher **67** entweder den zuletzt gemessenen Zustand oder einen zu einem früheren Zeitpunkt gemessenen Zustand oder mehrere solcher früheren Zustände speichert.

[0063] Es sei besonders darauf hingewiesen, dass die Funktionalität der Nachkorrektur-einrichtung **66** bzw. eine allgemeine Plausibilitätsüberprüfung **60** aufgrund eines früheren Zustands und aufgrund eines Vorwissens über typische und untypische bzw. erlaubte bzw. unerlaubte Zustandsänderungen auch unabhängig von den Bezug nehmend auf die vorstehenden Figuren beschriebenen Magnetfelderzeugungsverfahren eingesetzt werden kann. Selbst wenn ohne Magnetfelder beispielsweise aufgrund drahtloser Triangulationsverfahren oder optischer Verfahren eine Position festgestellt wird, kann dort ebenfalls das Vorwissen über erlaubte bzw. unerlaubte Bahnen verwendet werden, um eine Plausibilitätsüberprüfung durchzuführen.

[0064] Zur Plausibilitätsüberprüfung wird auf [Fig. 12a](#) und [Fig. 12b](#) Bezug genommen. Wieder ist die Situation eines Fußballtors gezeigt, wobei nun jedoch prinzipiell drei Bereiche eingezeichnet sind, nämlich ein neutraler Bereich **120**, ein Ausschaltbereich **121** und ein Einschaltbereich **122**. Der neutrale Bereich **120** hat zwei Bereiche, nämlich einen Bereich **120a** vor dem Tor, der gegebenenfalls an den Einschaltbereich **122** angrenzt, sowie einen neutralen Bereich zwischen Einschaltbereich und Torlinie und einen neutralen Bereich hinter der Torlinie. Ferner sei auf die Ausschaltbereiche hingewiesen, die sich von den Pfosten **12a**, **12b** in das Tor-Aus hinein erstrecken. Wenn ein Ball beispielsweise in das seitliche Netz des Tors geschossen wird und aus irgendeinem Grund zurück ins Spielfeld hineinrollt, also sich gewissermaßen um den Pfosten herum be-

wegt, so wird trotz der Tatsache, dass die Funktionalitäten der Komparatoren **60**, **61**, **62** erfüllt sind, aufgrund der Tatsache, dass der Ball vom Aus-Bereich in den neutralen Bereich eintritt, kein Tor angezeigt.

[0065] Auch wenn der Ball hinter dem Tor gewissermaßen in den neutralen Bereich hineinrollt, wenn sich beispielsweise das Netz aufgrund eines starken Schusses durchbiegt, so wird dies jedenfalls nicht zu einer Torsignalisierung führen, da der Ball den Ausschaltbereich durchdrungen hat und wie es anhand der Tabelle 12b ersichtlich ist, aus dem Ausschaltbereich kommend nur durch eine Torsignalisierung möglich wird, wenn der Ball zwischendrin den Einschaltbereich durchlaufen hat. Dies ist jedoch nicht der Fall, da zwischen dem Einschaltbereich **121** und dem Torpfosten ein neutraler Bereich, der allein nicht ausreicht, um für einen Ball, der aus dem Ausschaltbereich kommt, eine Torsignalisierung zu aktivieren, wie es ebenfalls aus der in [Fig. 12b](#) gezeigten Tabelle hervorgeht.

[0066] Es sei darauf hingewiesen, dass die Bereiche je nach Tor, Implementierung, Magnetleiterpositionierung etc. variieren können und insbesondere auch dann, wenn andere als magnetische Erfassungsmethoden eingesetzt werden, ebenfalls variieren können. Generell wird es jedoch überall möglich sein, einen Ausschaltbereich zu signalisieren, der eine unerlaubte Ballbahn „kreuzt“, so dass ein Ball, wenn er auf einer solchen Bahn ist, trotz der Tatsache, dass er alle „sonstigen“ Kriterien erfüllt, keine Torsignalisierung auslösen wird.

[0067] Die in [Fig. 5b](#) gezeigte Nachkorrektur-einrichtung **66** wird daher aufgrund der in [Fig. 12b](#) gezeigten Tabelle, die z. B. als eine Nachschlagtabelle hinterlegt sein kann, den aktuell bestimmten Zustand, der von der Einrichtung **65** geliefert wird, mit dem vorherigen Zustand vergleichen, um eine entsprechende Zeile der Tabelle in [Fig. 12b](#) zu finden, um eine Toranzeige zu deaktivieren oder nicht zu beeinflussen. Damit der Speicher **67** aktualisiert wird, wird z. B. entweder von der Nachkorrektur-einrichtung oder von der Auswertungslogik **65** der immer zuletzt festgestellte Zustand oder z. B. der vor einer gewissen Zeit festgestellte Zustand übermittelt, wie es durch die durchgezogene bzw. gestrichelte Rückführungsleitung **68** bzw. **69** dargestellt ist.

[0068] [Fig. 6](#) zeigt eine schematische Darstellung eines Feldes eines langen Leiters. Es wurde herausgefunden, dass ein Leiter, wenn er z. B. eine Länge von 25 m hat, wie er für ein Tor mit einer Breite von 7,44 m bevorzugt wird, magnetfeldmäßig in der Mitte ein ausreichend großes Plateau hat, in dem sich im gleichen Abstand vom Tor auch dasselbe Magnetfeld ergibt. Zum Anfang und zum Ende des Leiters hin nimmt das Magnetfeld jedoch stark ab. So hat das Magnetfeld am Anfang des Leiters und am Ende des

Leiters einen Wert von nur etwa 50% im Vergleich zu dem Magnetfeldwert beim Plateau **82**. Ferner wurde herausgefunden, dass sich das Magnetfeld noch vom Anfang des Leiters nach links bzw. vom Ende des Leiters nach rechts erstreckt, obwohl dort kein Leiter mehr vorhanden ist. Das Feld hat eine $1/r$ -Charakteristik.

[0069] Damit das Plateau ausreichend breit ist für ein Fußballtor wird es bevorzugt, für eine Torhöhe von etwa 2,50 m eine Leiterlänge von wenigstens 25 m vorzusehen, wobei die Leiterlänge kleiner wird, wenn das Tor nicht so hoch ist, wie beispielsweise beim Eishockey oder wobei die Leiterlänge größer wird, wenn das Tor höher ist, wie beispielsweise beim Football.

[0070] Ferner beeinflusst die Breite des Tors die Länge des Leiters, da das Plateau umso breiter wird, je länger der Leiter wird. In einer Implementierung wird es bevorzugt, eine Leiterlänge von wenigstens 10 m und insbesondere von wenigstens mehr als 20 m zu verwenden, wobei für ein Fußballtor mit seinen typischen Maßen wenigstens 22 bis 30 m und darüber hinaus bevorzugt werden, wobei die Qualität des Plateaus **82**, also wie nahe das Plateau an einer idealen horizontalen Iso-B-Linie ist, durch die Länge des Leiters beeinflusst wird.

[0071] **Fig. 8** zeigt eine alternative Implementierung der Magnetfelderzeugungsgegenstände **15**, **16**. Während bei **Fig. 1** die Rückleiter weit weg von dem auszuwertenden Bereich angeordnet werden, werden bei dem in **Fig. 8** gezeigten Ausführungsbeispiel die Rückleiter **150**, **140** um das Spielfeld herum in den zweiten Torbereich gezogen, um dort ebenfalls mit denselben Leitern eine Torüberwachung durchzuführen. Dasselbe gilt auch für die senkrecht angeordneten Leiter **30**, **40**, die sich ebenfalls von dem oberen Bereich in **Fig. 8** bis zum unteren Bereich in **Fig. 8** erstrecken können und somit zur Auswertung von beiden Torbereichen einsetzbar sind. Damit werden Ressourcen gespart und aufgrund der großen Dimensionen eines Fußballfeldes ist eine sichere Entkopplung gegeben, dahin gehend, dass der erste Torbereich den zweiten Torbereich nicht stört.

[0072] **Fig. 9** zeigt eine alternative Implementierung, bei der die Hinleiter **14**, **15** nicht abgeschirmt sind, während die Rückleiter **140**, **150** magnetisch abgeschirmt sind, beispielsweise mittels eines μ -Metalls. Im Torbereich ist somit nur das Feld von einem hinlaufenden Leiter, wenn der rücklaufende Leiter abgeschirmt ist, oder ist nur das Feld des Rücklaufleiters, wenn der hinlaufende Leiter abgeschirmt ist. Somit wird zwar auf Kosten eines größeren Abschirmungsaufwands sichergestellt, dass aufgrund der Rückleiter **140**, **150** in **Fig. 1** keine Geräte gestört werden, die sich in diesem Bereich befinden.

[0073] **Fig. 10a** zeigt eine weitere Implementierung eines Magnetfelderzeugungsgegenstands in Form einer gegenläufig gewickelten langen Spule **100**, die als erster Magnetfelderzeugungsgegenstand und/oder als zweiter Magnetfelderzeugungsgegenstand, also im Untergrund vor und/hinter dem Tor **102** angeordnet ist. Aufgrund der Tatsache, dass die Spule gegenläufig gewickelt ist, ist ein rotatorisches Feld, das gestrichelt bei **104** eingezeichnet ist, kompensiert und nicht existent, während die Spule insgesamt ein nunmehr longitudinales Feld **106** entwickelt, das ebenfalls eine betragsmäßige Abfallcharakteristik proportional zu $1/r$ hat beziehungsweise eine Charakteristik hat, die je nach Implementierung nicht genau proportional $1/r$, die jedoch von innen nach außen beziehungsweise von unten nach oben abfällt. Bei dieser Implementierung ist die Problematik des Hin-Leiters und des Rück-Leiters **14** beziehungsweise **140** inhärent gelöst, und zwar dahingehend, dass der Hin- und der Rück-Leiter dazu verwendet werden, um das rotatorische Feld **104** zu kompensieren, das ohnehin nicht unbedingt benötigt wird, während keine Abschirmungs-/Störungs- oder sonstigen Probleme mit dem Rück-Leiter existieren. **Fig. 10b** zeigt eine spezielle schematische Darstellung einer solchen gegenläufig gewickelten Spule, die so ausgebildet ist, dass sich das rotatorische Feld kompensiert, während das longitudinale Feld existiert.

[0074] Die Magneterzeugungsgegenstände sind, allgemein gesagt, gerade Leiter, und zwar insbesondere lediglich die Hin-Leiter, wie es in **Fig. 1** gezeigt ist. Wenn es zwei Bewegungsbereiche gibt, so können auch die Rück-Leiter als Magneterzeugungsgegenstände verwendet werden, wie es in **Fig. 8** gezeigt ist. Wenn ein Magnetfelderzeugungsgegenstand als Spule mit einer einzigen Windung betrachtet wird, so ist der Durchmesser der Windung bei den Ausführungsbeispielen von **Fig. 1** und **Fig. 8** wesentlich größer als die Fläche im Bewegungsbereich, bezüglich derer die Position des mobilen Gegenstands zu erfassen ist. Zahlenmäßig ist das Größenverhältnis der Fläche, die durch die Magnetfelderzeugungsgegenstände zu überwatchen sind, etwa so, dass die Fläche der Leiterschleife im Fall von **Fig. 1** und **Fig. 8** etwa wenigstens das Fünffache und vorzugsweise noch ein größeres Vielfaches der Torfläche beträgt. Wenn der Rück-Leiter abgeschirmt ist, wie es bei **Fig. 9** der Fall ist, so kann der Rück-Leiter nahe am Hin-Leiter angeordnet werden, und die Fläche der dadurch gebildeten Leiterschleife ist sehr klein. Dies ist jedoch im Hinblick auf die magnetische Wirksamkeit unproblematisch, da der Rück-Leiter abgeschirmt ist und somit das Magnetfeld des Hin-Leiters nicht kompensiert.

[0075] Im Falle der Verwendung der gegenläufig gewickelten langen Spule wird eine Spule verwendet, deren Durchmesser relativ klein ist, beispielsweise kleiner als 50 cm und vorzugsweise kleiner 10 cm.

Allgemein gesagt ist die Querschnittsfläche der Spule in Querrichtung, also senkrecht zur Erstreckungsrichtung der Spule, also bezüglich Fig. 10a der Querschnitt in xz-Richtung viel kleiner als die zu untersuchende Fläche, beispielsweise kleiner als 1/50 oder noch kleiner. Dagegen ist die Länge der Spule in Erstreckungsrichtung, also in y-Richtung in Fig. 10a wenigstens doppelt so groß und vorzugsweise noch größer als die Länge der Fläche, bezüglich der die Position des mobilen Gegenstands bestimmbar ist.

[0076] Im Hinblick auf die Dimensionierung der gegenläufig gewickelten langen Spule sei ferner darauf hingewiesen, dass die Länge der Spule im Vergleich zum Spulenquerschnitt in xz-Richtung wenigstens um den Faktor 20 größer ist und vorzugsweise noch größer ist.

[0077] Abhängig von den Gegebenheiten kann das erfindungsgemäße Verfahren in Hardware oder in Software implementiert werden. Die Implementierung kann auf einem digitalen Speichermedium, insbesondere einer Diskette oder CD mit elektronisch auslesbaren Steuersignalen erfolgen, die so mit einem programmierbaren Computersystem zusammenwirken können, dass das Verfahren ausgeführt wird. Allgemein besteht die Erfindung somit auch in einem Computer-Programm-Produkt mit einem auf einem maschinenlesbaren Träger gespeicherten Programmcode zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wenn das Computer-Programm-Produkt auf einem Rechner abläuft. In anderen Worten ausgedrückt, kann die Erfindung somit als ein Computer-Programm mit einem Programmcode zur Durchführung des Verfahrens realisiert werden, wenn das Computer-Programm auf einem Computer abläuft.

Patentansprüche

1. Bewegungsbereich für einen mobilen Gegenstand (11), deren Position bezüglich einer Fläche (19) in dem Bewegungsbereich festzustellen ist, wobei der Bewegungsbereich einen Untergrund (21) aufweist, und die Fläche den Untergrund entlang einer Schnittlinie (20) schneidet, mit folgenden Merkmalen: einem ersten länglichen Magnetfelderzeugungsgegenstand (14), der in einem ersten Abstand (d_1) von der Schnittlinie auf einer ersten Seite der Schnittlinie in oder auf dem Untergrund angeordnet ist; einem zweiten länglichen Magnetfelderzeugungsgegenstand (15), der in einem zweiten Abstand (d_2) von der Schnittlinie (20) in oder auf dem Untergrund (21) angeordnet ist; wobei der erste Magnetfelderzeugungsgegenstand und der zweite Magnetfelderzeugungsgegenstand ausgebildet sind, um ein bezüglich des Magnetfelderzeugungsgegenstands radial mit zunehmendem Abstand abnehmendes Magnetfeld zu erzeugen; und einem Generator (16) zum Ansteuern des ersten Ma-

gnettfelderzeugungsgegenstands und des zweiten Magnetfelderzeugungsgegenstands mit einem Strom und in einem Multiplex-Betrieb.

2. Bewegungsbereich nach Anspruch 1, bei dem der erste Magnetfelderzeugungsgegenstand (14) einen Leiter (14) oder eine Mehrzahl von Leitern aufweist, die im wesentlichen parallel angeordnet sind und die derart mit dem Generator (16) verbunden sind, dass ein durch die Leiter fließender Strom in jedem Leiter der Mehrzahl von Leitern in derselben Stromrichtung fließt.

3. Bewegungsbereich nach Anspruch 1, bei dem der erste oder der zweite Magnetfelderzeugungsgegenstand eine gewickelte Spule (100) aufweist, die so gewickelt ist, dass eine Zuleitung und eine Ableitung auf der gleichen Seite der Spule in Längsrichtung angeordnet sind, so dass die Spule in erregtem Zustand ein Magnetfeld in der Fläche (19) erzeugt, das einen dominanten Magnetfeldvektor in Richtung der Spule aufweist, und das mit einem zunehmenden Abstand von der Spule abnimmt.

4. Bewegungsbereich nach Anspruch 3, bei der die Spule Windungen aufweist, wobei zwischen zwei Windungen, in denen der Strom in einer Richtung fließt eine Windung ist, in der der Strom in der entgegengesetzten Richtung fließt.

5. Bewegungsbereich nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der erste Magnetfelderzeugungsgegenstand (14) und der zweite Magnetfelderzeugungsgegenstand (15) einen Leiter und einen Rückleiter (140, 150) aufweisen, wobei der Rückleiter (140, 150) magnetisch abgeschirmt (141, 151) ist, so dass ein Feld aufgrund eines Stroms durch den Leiter stärker von dem Hin-Leiter als von dem Rück-Leiter beeinflusst wird.

6. Bewegungsbereich nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der erste Magnetfelderzeugungsgegenstand (14) oder der zweite Magnetfelderzeugungsgegenstand (15) einen Hin-Leiter und einen Rück-Leiter aufweisen, wobei der Rück-Leiter so weit von der Fläche (19) entfernt ist, dass ein Magnetfeldbetrag aufgrund eines Stroms in dem Rück-Leiter in der Fläche höchstens ein Prozent von einem Magnetfeldbetrag in der Fläche aufgrund des Hin-Leiters ist.

7. Bewegungsbereich nach einem der vorhergehenden Ansprüche, der in einem Spielfeld angeordnet ist, wobei das Spielfeld einen weiteren Bewegungsbereich aufweist, wobei der erste Magnetfelderzeugungsgegenstand (14) oder der zweite Magnetfelderzeugungsgegenstand (15) jeweils einen Hin-Leiter und einen Rück-Leiter aufweist, wobei der Hin-Leiter in einem Bewegungsbereich angeordnet ist, und der Rück-Leiter in dem weiteren Bewegungs-

bereich angeordnet ist, und wobei der erste Bewegungsbereich und der zweite Bewegungsbereich so weit voneinander entfernt sind, dass ein Feld aufgrund eines Stroms in einem Leiter in dem jeweils anderen Bewegungsbereich kleiner als ein Prozent des Feldes aufgrund des Leiters ist, der in dem Bewegungsbereich angeordnet ist.

8. Bewegungsbereich nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der erste Abstand (d_1) gleich dem zweiten Abstand (d_2) ist.

9. Bewegungsbereich nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Fläche seitlich begrenzt ist und durch ein Tor definiert ist oder parallel zu einer durch das Tor begrenzten Fläche um einen vorbestimmten Abstand beabstandet hinter dem Tor liegt, wobei der vorbestimmte Abstand (d_3) von einer Abmessung des mobilen Gegenstands abhängt.

10. Bewegungsbereich nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der mobile Gegenstand ein Fußball ist, der einen Magnetfeldsensor (9) in einem zentralen Bereich desselben aufweist, wobei der vorbestimmte Abstand (d_3) im Wesentlichen der Hälfte des Durchmessers des Fußballs entspricht, derart, dass eine Umdrehungslinie (36) um den vorbestimmten Abstand (d_3) hinter einer Torlinie angeordnet ist.

11. Bewegungsbereich nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Fläche seitlich begrenzt ist und in der Nähe der seitlichen Begrenzung ein dritter Magnetfelderzeugungsgegenstand (30, 40) angeordnet ist.

12. Bewegungsbereich nach Anspruch 11, bei dem der dritte Magnetfelderzeugungsgegenstand innerhalb der Fläche auf oder in dem Untergrund verläuft.

13. Gegenstand nach Anspruch 11 oder 12, bei dem ferner ein vierter Magnetfelderzeugungsgegenstand (40) angeordnet ist, der außerhalb der seitlichen Begrenzung (12) in oder auf dem Untergrund (21) verläuft.

14. Bewegungsbereich nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Generator (16) ausgebildet ist, um die Magneterzeugungsgegenstände in einem Zeit-Multiplex-Betrieb, einem Frequenz-Multiplex-Betrieb, einem Code-Multiplex-Betrieb oder einem kombinierten Zeit/Frequenz-Multiplex-Betrieb, Zeit/Code-Multiplex-Betrieb oder Frequenz/Code-Multiplex-Betrieb zu betreiben.

15. Bewegungsbereich nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Generator (16) ausgebildet ist, um eine gleiche Wechselstromamplitude in jeden Magnetfelderzeugungsgegenstand ein-

zuspeisen, oder um unterschiedliche Amplituden einzuspeisen, die von einer Leiterlänge und/oder von einem Leiterwiderstand und/oder von dem ersten Abstand (d_1) oder dem zweiten Abstand (d_2) abhängen.

16. Bewegungsbereich nach Anspruch 15, bei dem der Generator (16) ausgebildet ist, um in einen Magnetfelderzeugungsgegenstand eine größere Stromamplitude einzuspeisen im Vergleich zu einem anderen Magnetfelderzeugungsgegenstand, wenn ein Abstand des einen Magnetfelderzeugungsgegenstands zur Schnittlinie (20) größer als ein Abstand des anderen Magnetfelderzeugungsgegenstands zur Schnittlinie (20) ist.

17. Auswertungsvorrichtung zum Feststellen einer Position eines mobilen Gegenstands (11) bezüglich einer Fläche in einem Bewegungsbereich, wobei der Bewegungsbereich (5) einen Untergrund (21) aufweist und die Fläche (19) den Untergrund schneidet, mit folgenden Merkmalen:

einer Einrichtung (7, 8, 5) zum Liefern eines ersten Magnetfelds aufgrund eines ersten Magnetfelderzeugungsgegenstands und eines zweiten Magnetfelds aufgrund eines zweiten Magnetfelderzeugungsgegenstands, wobei der erste und der zweite Magnetfelderzeugungsgegenstand (14, 15) in einem ersten Abstand (d_1) beziehungsweise einem zweiten Abstand (d_2) von der Schnittlinie (20) auf unterschiedlichen Seiten in oder auf dem Untergrund (21) angeordnet sind; und einer Recheneinrichtung (65) zum Ermitteln, ob sich der mobile Gegenstand vor der Fläche oder hinter der Fläche befindet oder befunden hat, aufgrund eines Vergleichs (60, 61) des ersten Magnetfelds (B1) mit dem zweiten Magnetfeld (B2).

18. Auswertungsvorrichtung nach Anspruch 17, bei der der erste Abstand (d_1) und der zweite Abstand (d_2) gleich sind oder Stromamplituden durch die Magneterzeugungsgegenstände so eingestellt sind, dass die Magnetfelder in der Fläche innerhalb eines Toleranzbereichs gleich sind, wobei der Toleranzbereich einen Wert von plus oder minus 10 Prozent aufweist, und bei der die Recheneinrichtung ausgebildet ist, um eine Position des mobilen Gegenstands (11) vor der Fläche zu detektieren, wenn das erste Magnetfeld größer als das zweite Magnetfeld ist, oder um eine Position des mobilen Gegenstands (11) hinter der Fläche zu detektieren, wenn das erste Magnetfeld kleiner als das zweite Magnetfeld ist.

19. Auswertungsvorrichtung nach Anspruch 17 oder 18, bei der die Fläche seitlich begrenzt ist und in der Nähe der seitlichen Begrenzung ein dritter Magnetfelderzeugungsgegenstand (30, 40) angeordnet ist, wobei die Einrichtung zum Liefern ausgebildet ist, um ein drittes Magnetfeld zu liefern und wobei die Recheneinrichtung ausgebildet ist, um das dritte Magnetfeld mit einer Schwelle (63) zu vergleichen (62).

20. Auswertungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 19, wobei in dem Bewegungsbereich ein dritter Magnetfelderzeugungsgegenstand (30) und ein vierter Magnetfelderzeugungsgegenstand (40) angeordnet sind, wobei der dritte Magnetfelderzeugungsgegenstand innerhalb der Fläche an oder auf dem Untergrund angeordnet ist, und wobei der vierte Magnetfelderzeugungsgegenstand außerhalb der Fläche an oder auf dem Untergrund angeordnet ist, wobei die Einrichtung zum Liefern ausgebildet ist, um ein drittes Magnetfeld und ein viertes Magnetfeld aufgrund des dritten Magnetfelderzeugungsgegenstands beziehungsweise des vierten Magnetfelderzeugungsgegenstands zu liefern, und wobei die Flächeneinrichtung (65) ausgebildet ist, um das dritte Magnetfeld und das vierte Magnetfeld miteinander zu vergleichen, wobei dann, wenn das dritte Magnetfeld größer als das vierte Magnetfeld ist, eine Position des mobilen Gegenstands innerhalb der seitlichen Begrenzung detektierbar ist, während dann, wenn das dritte Magnetfeld kleiner als das vierte Magnetfeld ist, eine Position des mobilen Gegenstands außerhalb der Begrenzung detektierbar ist.

21. Auswertungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 20, bei der die Fläche (19) nach oben begrenzt (41) ist, und bei der die Recheneinrichtung (65) ausgebildet ist, um das erste Magnetfeld, das zweite Magnetfeld, das dritte Magnetfeld oder das vierte Magnetfeld oder eine Kombination der Magnetfelder durch einen Mittelwert mehrerer oder aller Magnetfelder oder eine Mehrheitsentscheidung unter mehreren oder allen Magnetfeldern mit einer Schwelle (63) zu vergleichen (62), wobei dann, wenn der Vergleich einen kleineren Wert als die Schwelle liefert, detektierbar ist, dass der mobile Gegenstand unterhalb der oberen Begrenzung ist, während dann, wenn der Vergleich ein größeres Magnetfeld als die Schwelle liefert, detektierbar ist, dass der mobile Gegenstand oberhalb der Begrenzung angeordnet ist oder war.

22. Auswertungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 21, bei der die Fläche ein Tor ist, bei der der mobile Gegenstand ein Ball ist und bei der höchstens dann ein Tor detektierbar ist, wenn das erste Magnetfeld kleiner als das zweite Magnetfeld ist, wenn ein drittes Magnetfeld aufgrund eines Magnetfelderzeugungsgegenstands, der zwischen zwei Torpfosten verläuft, größer als ein viertes Magnetfeld aufgrund eines Magnetfelderzeugungsgegenstands ist, der außerhalb der Torpfosten verläuft, und ferner das erste Magnetfeld, das zweite Magnetfeld, das dritte Magnetfeld, das vierte Magnetfeld und/oder eine Kombination derselben größer als eine Schwelle (63) ist.

23. Auswertungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 22, bei der die Recheneinrichtung ausgebildet ist, um zu detektieren, ob ein bewegter

Gegenstand vor der Fläche oder hinter der Fläche ist und ob der Gegenstand innerhalb einer seitlichen Begrenzung oder außerhalb einer seitlichen Begrenzung ist, nur mit Vergleichsoperationen zwischen zwei Messwerten durchgeführt wird, die in einem oder mehreren Multiplex-Zyklen aufgrund verschiedener Magneterzeugungsgegenstände detektierbar sind.

24. Auswertungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 23, die ferner folgendes Merkmal aufweist:

eine Nachkorrekturereinrichtung (66) zum Verifizieren, ob ein durch die Recheneinrichtung (65) erzeugtes Ergebnis plausibel ist unter Verwendung eines in einem früheren Zeitintervall gemessenen Ergebnisses.

25. Auswertungsvorrichtung nach Anspruch 24, bei der es einen Ausschaltbereich (122), der die Fläche nicht umfasst, einen neutralen Bereich (120a, 120b), in dem sich die Fläche befindet, und einen Einschaltbereich (121) gibt, der so bezüglich der Fläche angeordnet ist, dass eine erwartete Flugbahn des mobilen Gegenstands (11) durch den Einschaltbereich verläuft, wobei die Nachkorrekturereinrichtung ausgebildet ist, um nur dann eine Signalisierung einer bestimmten Position bezüglich der Fläche zu erlauben, wenn der mobile Gegenstand zu einem vorherigen Zeitpunkt in dem Einschaltbereich (121) oder dem neutralen Bereich (120a, 120b) war.

26. Auswertungsvorrichtung nach Anspruch 24 oder 25, bei der eine Signalisierung deaktivierbar ist, wenn der mobile Gegenstand eine aktuelle Position hat, die in dem Ausschaltbereich (122) liegt.

27. Auswertungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 24 bis 26, bei der eine Signalisierung deaktiviert bleibt, wenn eine frühere Position in dem Ausschaltbereich war, und eine aktuelle Position in dem neutralen Bereich (120a, 120b) ist.

28. Auswertungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 27 bis 28, bei der die Fläche ein Tor mit zwei Pfosten und einer Querlatte ist, bei der der Einschaltbereich (121) einen bogenförmigen Bereich vor dem Tor innerhalb des Spielfeldes umfasst; bei der der Ausschaltbereich (122) hinter dem Torpfosten ist, wobei jeweils ein Bereich hinter einem Torpfosten begrenzt ist, und nach innen an einen neutralen Bereich angrenzt, wobei ferner ein neutraler Bereich (120b) vor dem Einschaltbereich und zwischen dem Einschaltbereich und dem Tor und hinter dem Tor angeordnet ist, wobei sich der Einschaltbereich, der neutrale Bereich und der Ausschaltbereich nicht überlappen.

29. Auswertungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 28, die innerhalb des mobilen Gegenstands (11) angeordnet ist, und bei der die Einrich-

tung zum Liefern des ersten Magnetfelds und des zweiten Magnetfelds einen richtungsunabhängigen Betrags-Magnetfeld-Sensor (9) aufweist, und die ferner eine Ausgabereinrichtung zum optischen, akustischen oder elektromagnetischen Ausgeben einer Torentscheidung aufweist.

30. Auswertungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 30, die außerhalb des mobilen Gegenstands (11) ausgebildet ist, und bei der die Einrichtung zum Liefern eine Eingangsschnittstelle (5) aufweist, um von dem mobilen Gegenstand (11) übertragene Magnetfelddaten zu empfangen.

31. Auswertungsvorrichtung zum Feststellen einer Position eines mobilen Gegenstands bezüglich einer Fläche in einem Bewegungsbereich, wobei der Bewegungsbereich einen Untergrund (21) aufweist und die Fläche den Untergrund entlang einer Schnittlinie (20) schneidet, mit folgenden Merkmalen: eine Plausibilitätsüberprüfungseinrichtung (66) zum Verifizieren, ob ein durch eine Positionserfassungseinrichtung erzeugtes Ergebnis plausibel ist, unter Verwendung eines in einem früheren Zeitintervall gemessenen Ergebnisses und unter Verwendung eines Vorwissens über gültige und ungültige Bewegungsbahnen des mobilen Gegenstands (11).

32. Verfahren zum Betreiben eines Bewegungsbereichs für einen mobilen Gegenstand (11), deren Position bezüglich einer Fläche (19) in dem Bewegungsbereich festzustellen ist, wobei der Bewegungsbereich einen Untergrund (21) aufweist, und die Fläche den Untergrund entlang einer Schnittlinie (20) schneidet, mit folgenden Schritten:

Erzeugen eines ersten Magnetfelds mit einem ersten länglichen Magnetfelderzeugungsgegenstand (14), der in einem ersten Abstand (d_1) von der Schnittlinie auf einer ersten Seite der Schnittlinie in oder auf dem Untergrund angeordnet ist;

Erzeugen eines zweiten Magnetfelds mit einem zweiten länglichen Magnetfelderzeugungsgegenstand (15), der in einem zweiten Abstand (d_2) von der Schnittlinie (20) in oder auf dem Untergrund (21) angeordnet ist;

wobei der erste Magnetfelderzeugungsgegenstand und der zweite Magnetfelderzeugungsgegenstand ausgebildet sind, um ein bezüglich des Magnetfelderzeugungsgegenstands radial mit zunehmendem Abstand abnehmendes Magnetfeld zu erzeugen; und Ansteuern (16) des ersten Magnetfelderzeugungsgegenstands und des zweiten Magnetfelderzeugungsgegenstands mit einem Strom und in einem Multiplex-Betrieb.

33. Verfahren zum Feststellen einer Position eines mobilen Gegenstands (11) bezüglich einer Fläche in einem Bewegungsbereich, wobei der Bewegungsbereich (5) einen Untergrund (21) aufweist und die Fläche (19) den Untergrund schneidet, mit folgen-

den Schritten:

Liefern (7, 8, 5) eines ersten Magnetfelds aufgrund eines ersten Magnetfelderzeugungsgegenstands und eines zweiten Magnetfelds aufgrund eines zweiten Magnetfelderzeugungsgegenstands, wobei der erste und der zweite Magnetfelderzeugungsgegenstand (14, 15) in einem ersten Abstand (d_1) beziehungsweise einem zweiten Abstand (d_2) von der Schnittlinie (20) auf unterschiedlichen Seiten in oder auf dem Untergrund (21) angeordnet sind; und Ermitteln (65), ob sich der mobile Gegenstand vor der Fläche oder hinter der Fläche befindet oder befunden hat, aufgrund eines Vergleichs (60, 61) des ersten Magnetfelds (B1) mit dem zweiten Magnetfeld (B2).

34. Verfahren zum Feststellen einer Position eines mobilen Gegenstands bezüglich einer Fläche in einem Bewegungsbereich, wobei der Bewegungsbereich einen Untergrund (21) aufweist und die Fläche den Untergrund entlang einer Schnittlinie (20) schneidet, mit folgenden Schritten:

Verifizieren (66), ob ein durch eine Positionserfassungseinrichtung erzeugtes Ergebnis plausibel ist, unter Verwendung eines in einem früheren Zeitintervall gemessenen Ergebnisses und unter Verwendung eines Vorwissens über gültige und ungültige Bewegungsbahnen des mobilen Gegenstands (11).

35. Computerprogramm mit einem Programm zum Ausführen des Verfahrens gemäß Patentanspruch 33, 34 oder 35, wenn das Programm auf einem Rechner abläuft.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

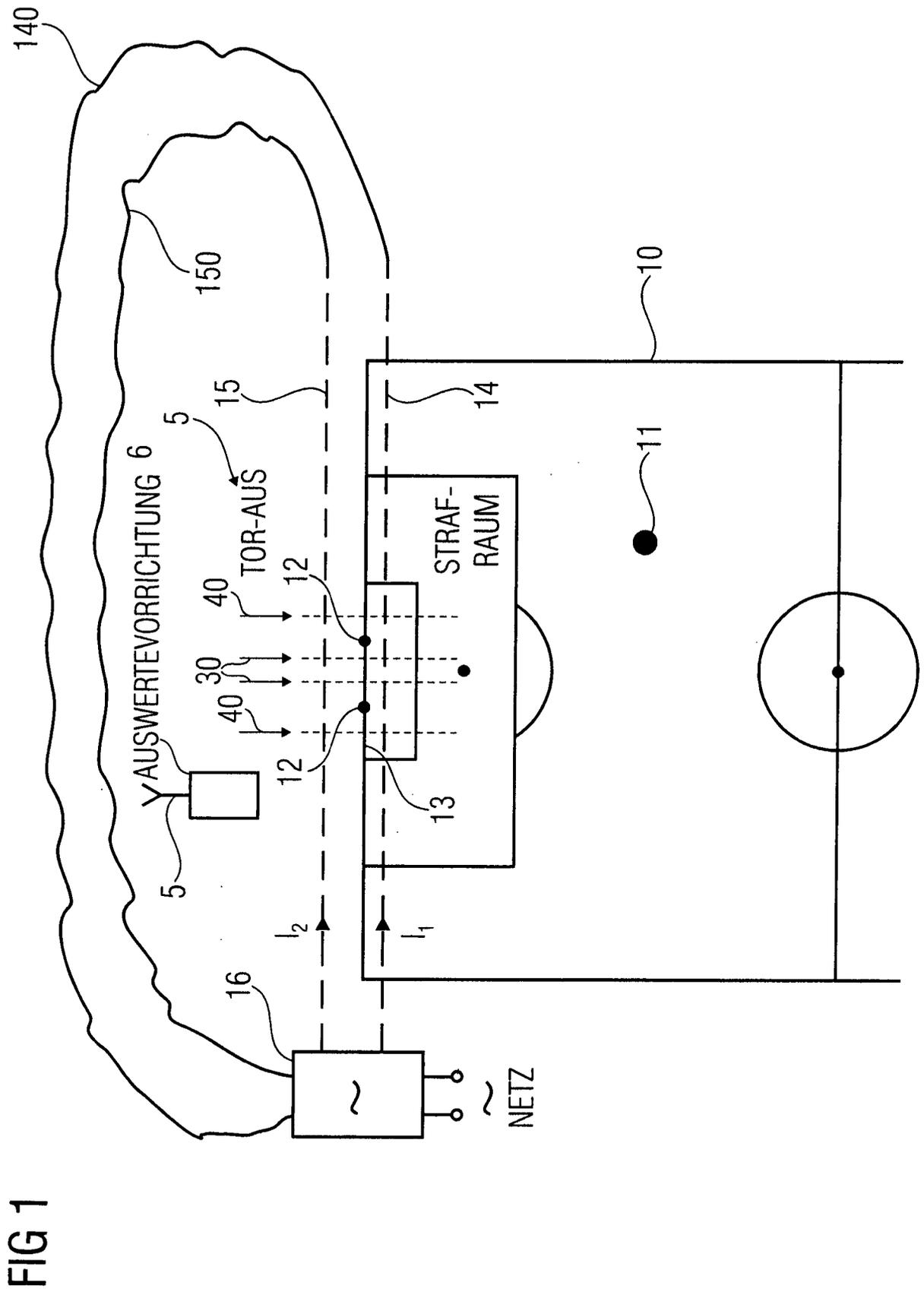


FIG 2

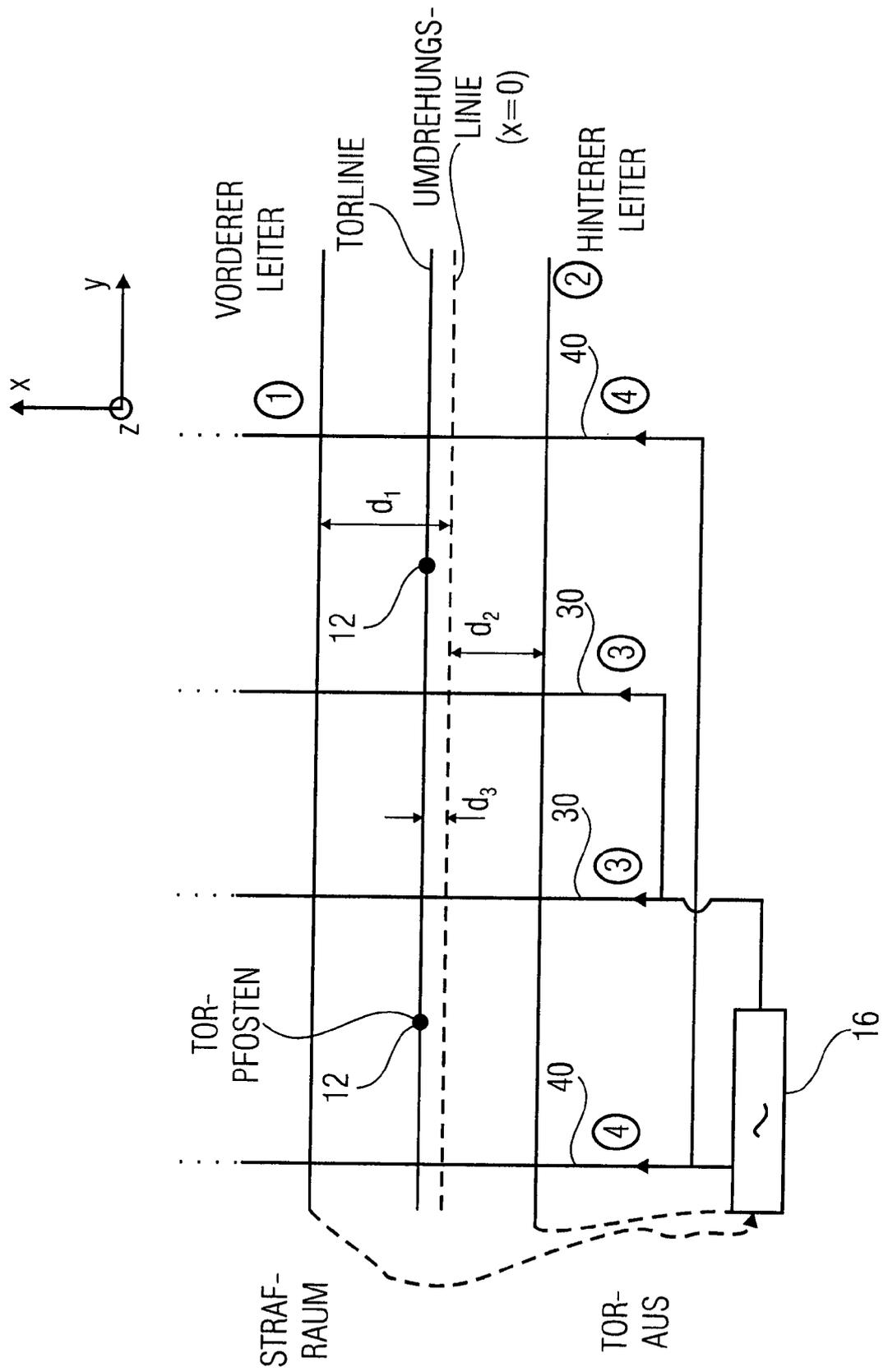


FIG 3

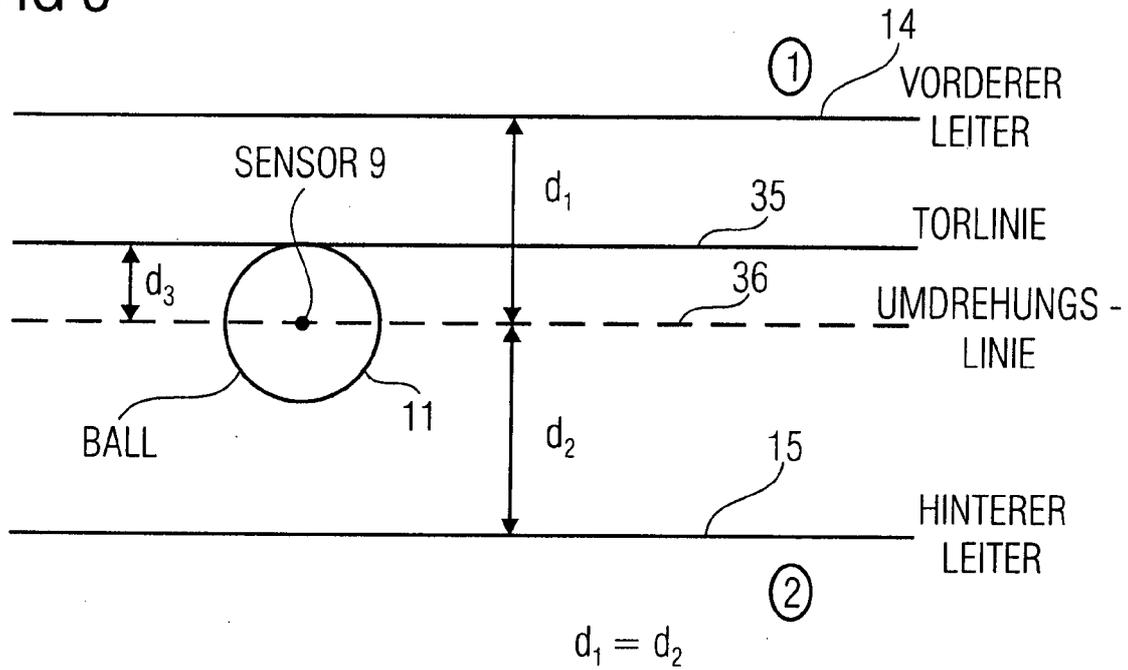


FIG 4

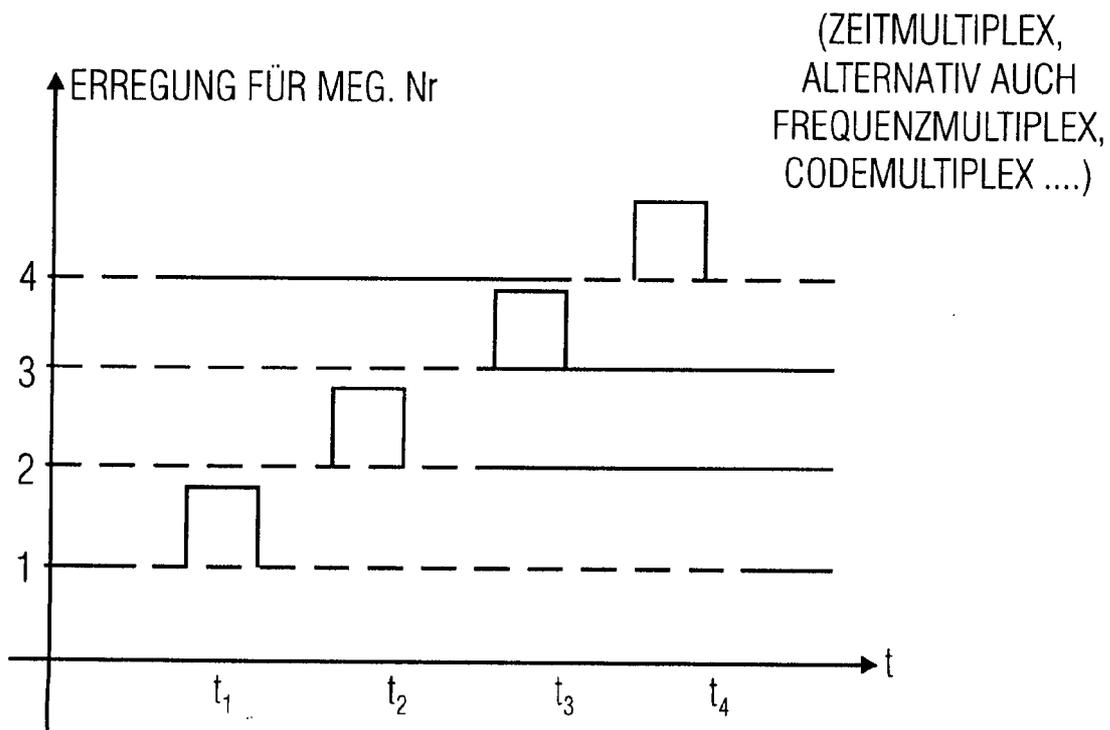
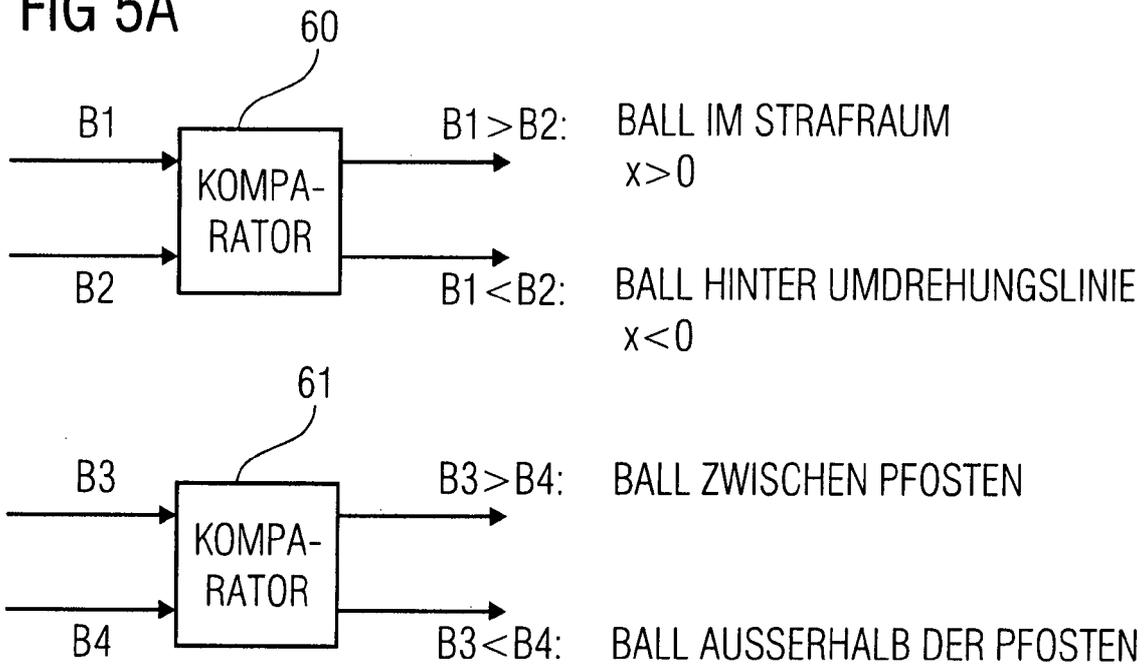


FIG 5A



NUR B4: BALL WEIT WEG VOM TOR, ABER
(KEIN B3) IN DER NÄHE DER TORLINIE
(WENN B1, B2 MESSBAR)

KEIN B3, B4: BALL GANZ WEIT WEG VOM TOR, ABER
(ABER B1, B2) IN DER NÄHE DER TORLINIE

KEIN B1, ABER B2: BALL WEIT HINTER TOR

KEIN B2, ABER B1: BALL RELATIV WEIT WEG VOM SENSOR

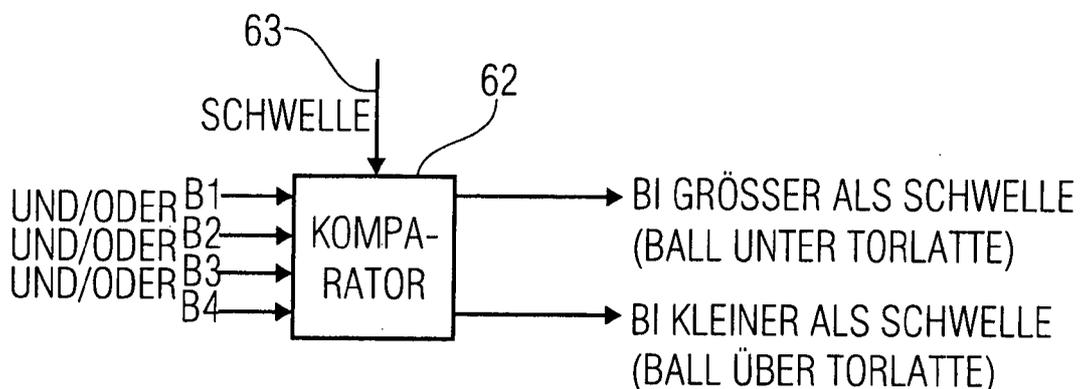


FIG 5B

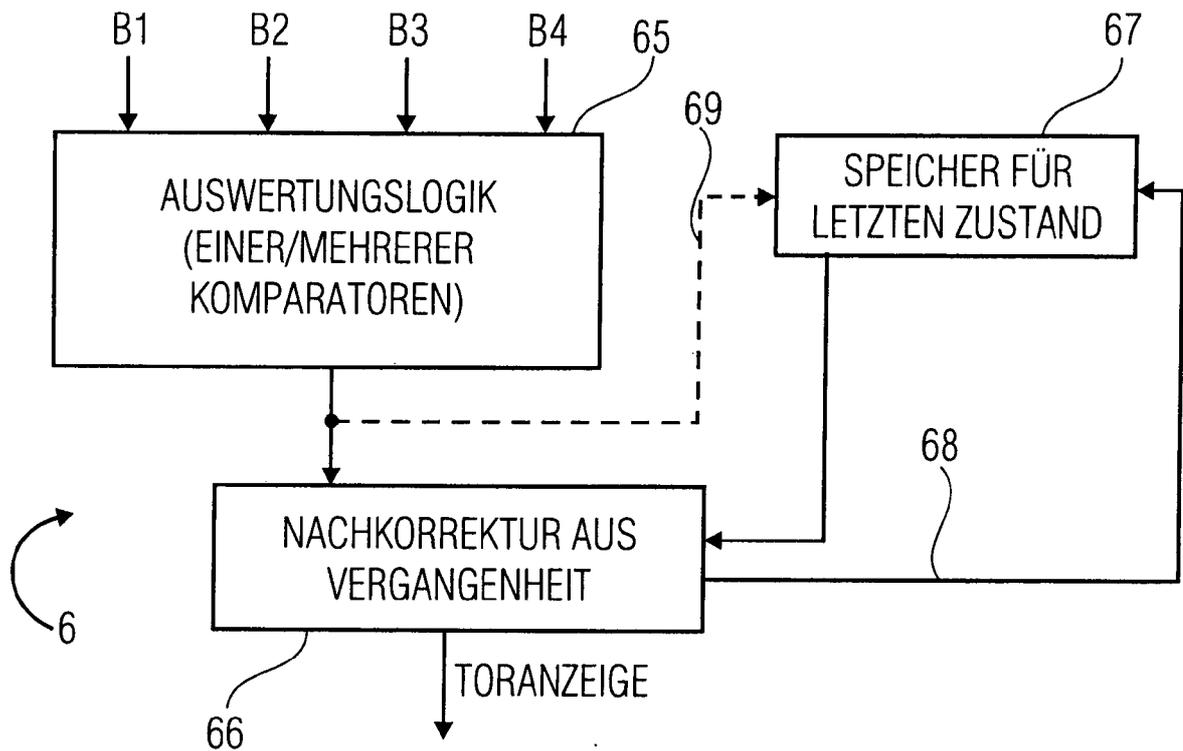
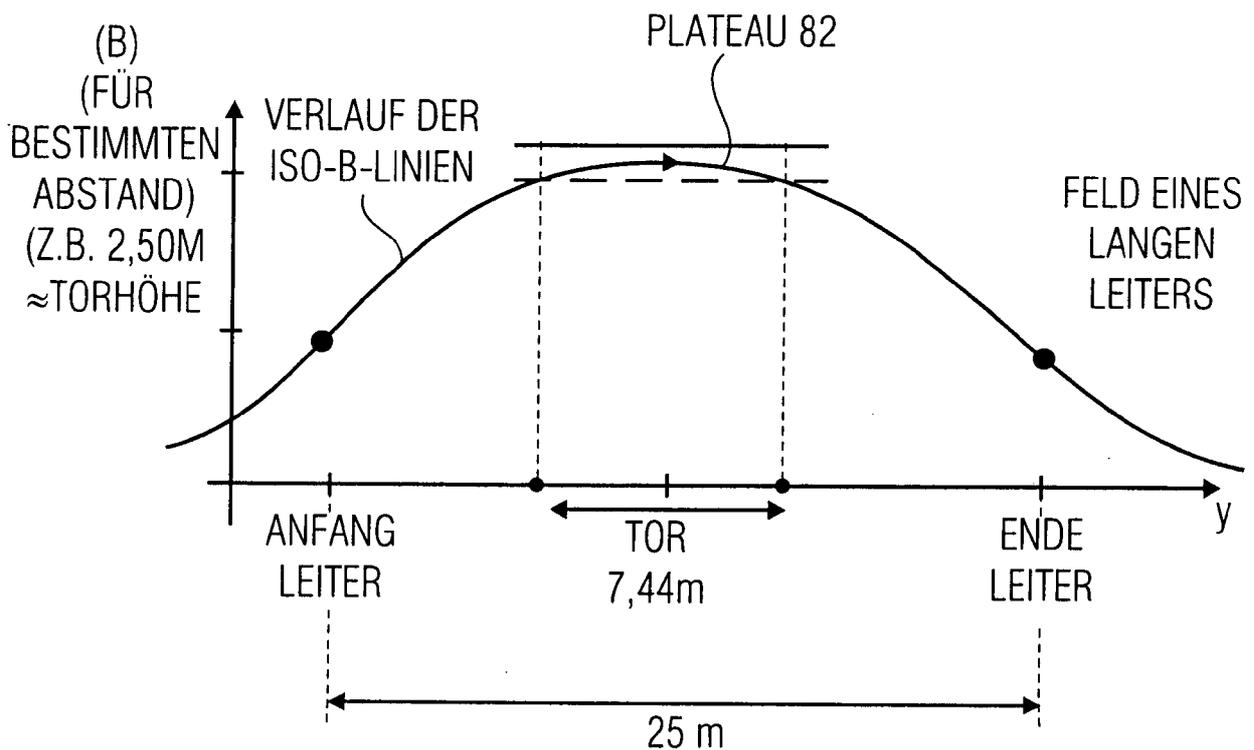


FIG 6



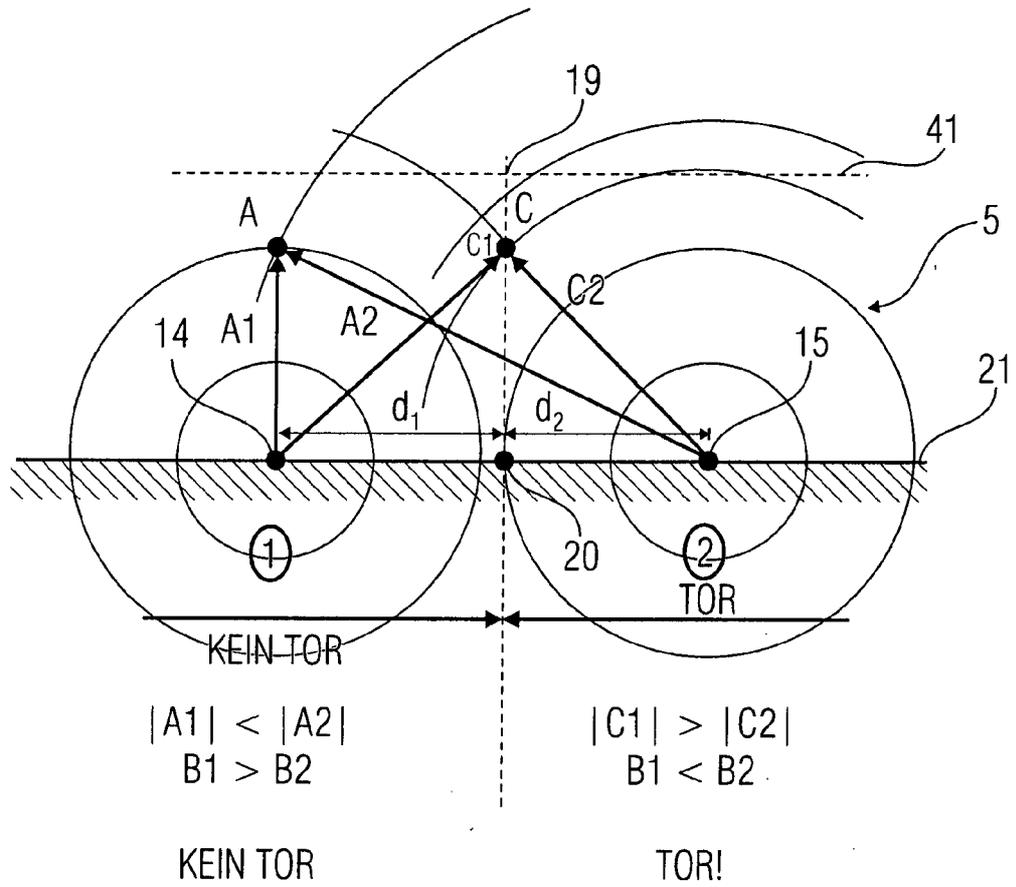


FIG 7

GENERATOR SPEIST IN JEDEN

LEITER EINEN WECHSELSTROM AUF:

- ETWA 500-10,000 Hz
- ETWA 100-1000 V
- ETWA 0,05-10 A
- ZEITMULTIPLEXUMSCHALTFREQU. VON 10 - 5000Hz
- GENERELL:

$$f_{\text{MUX}} \leq \frac{1}{2} \cdot f_{\text{AC}}$$

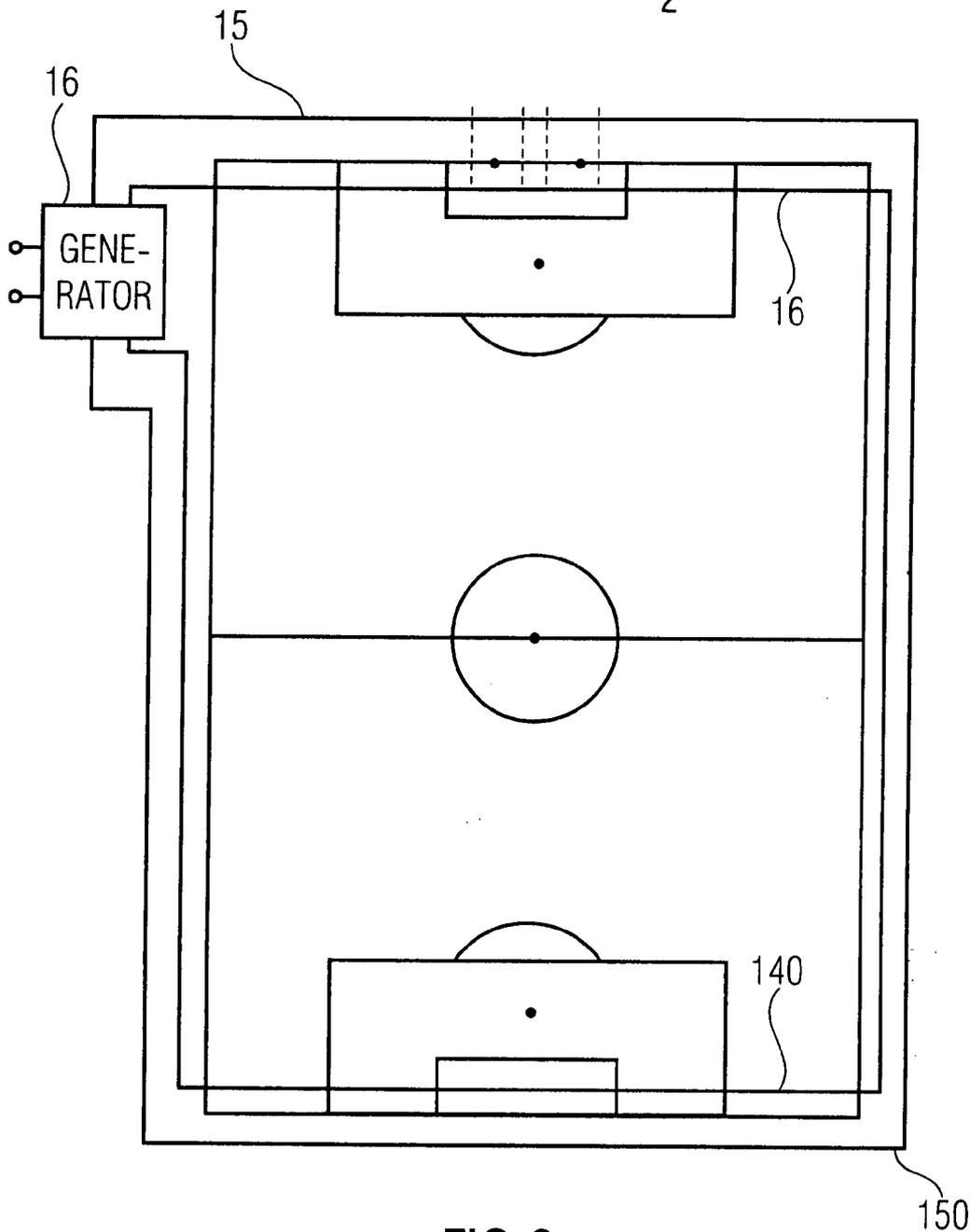


FIG 8

FIG 9

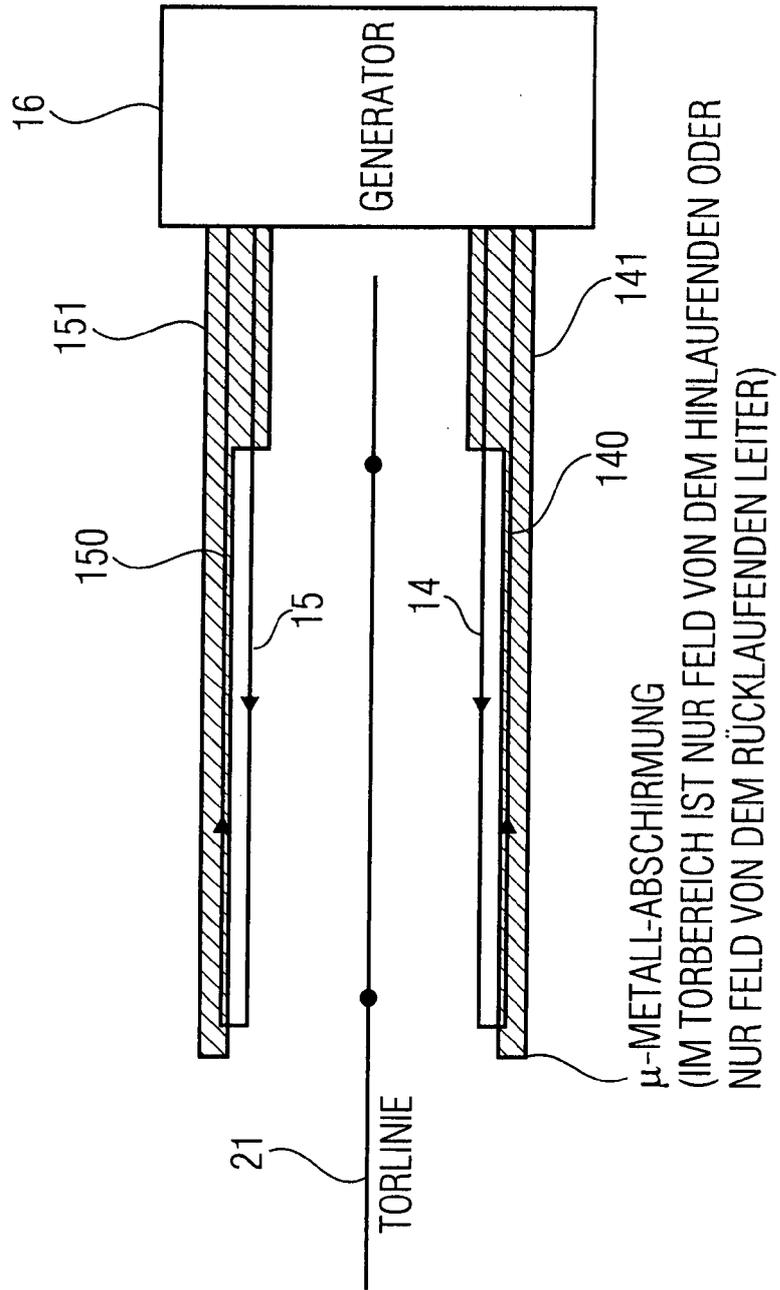


FIG 10A

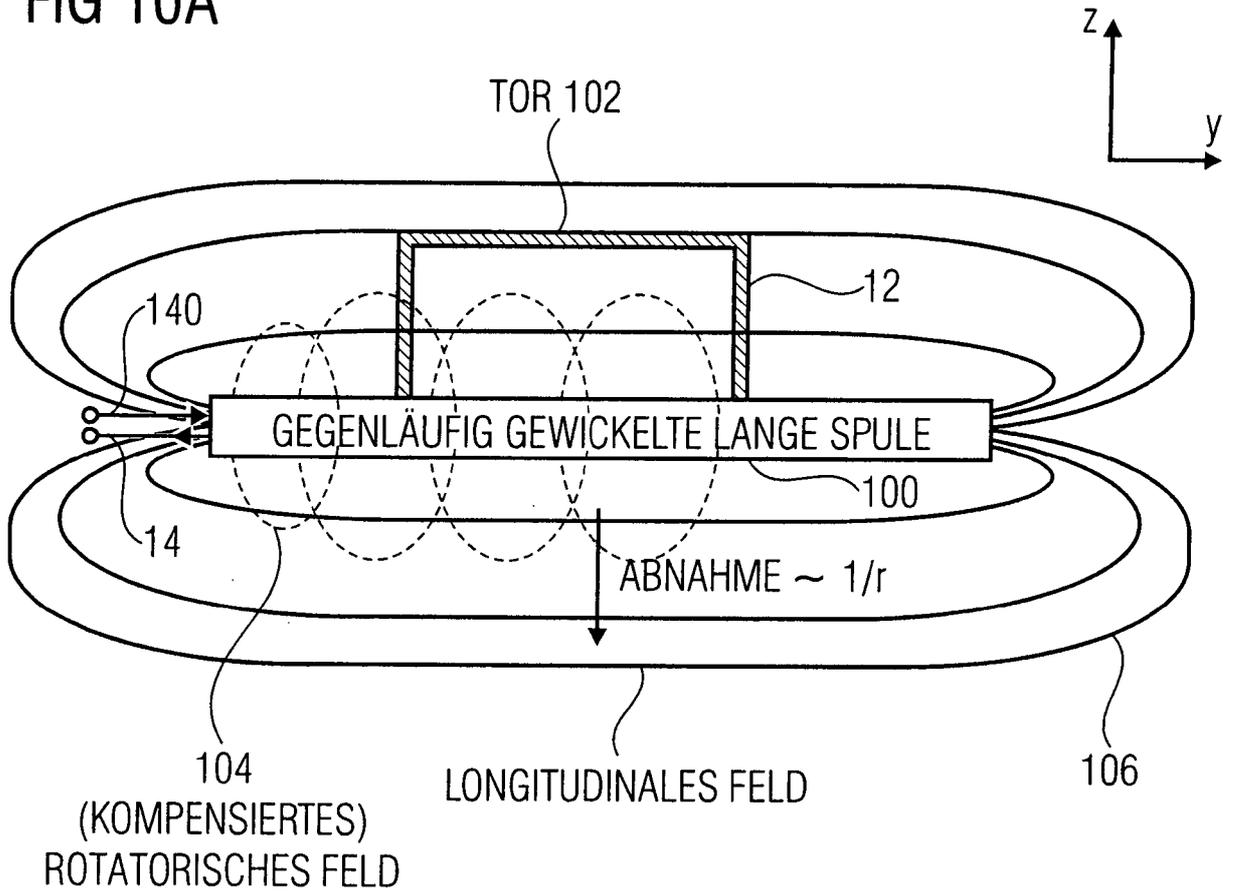
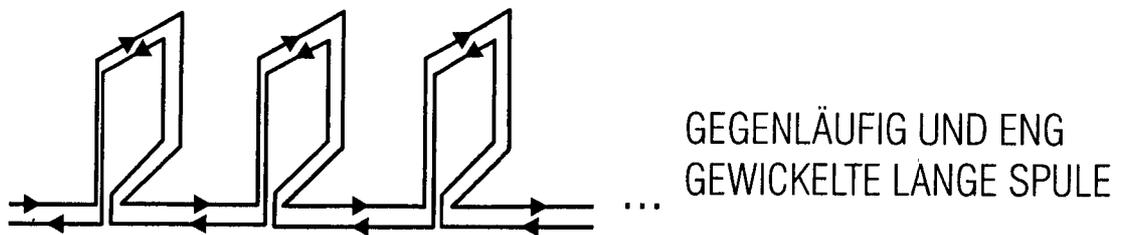


FIG 10B



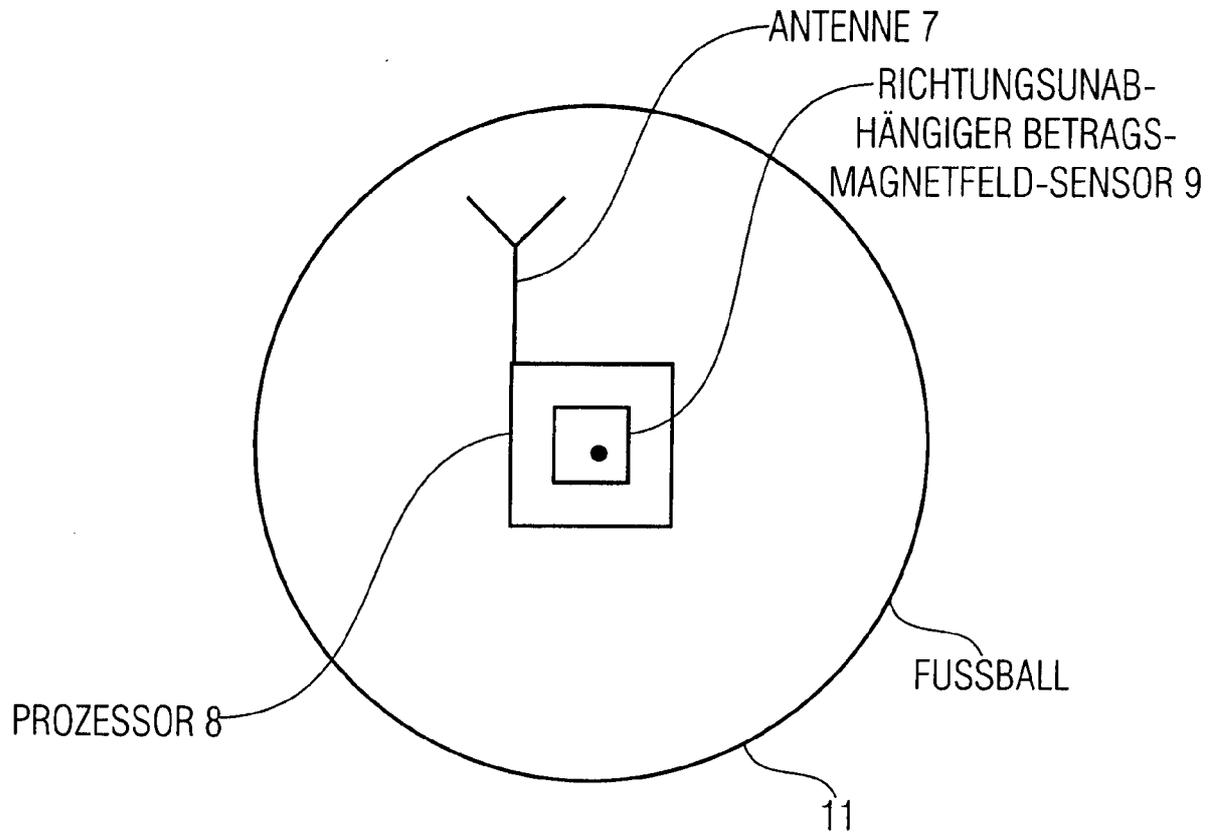


FIG 11

FIG 12A

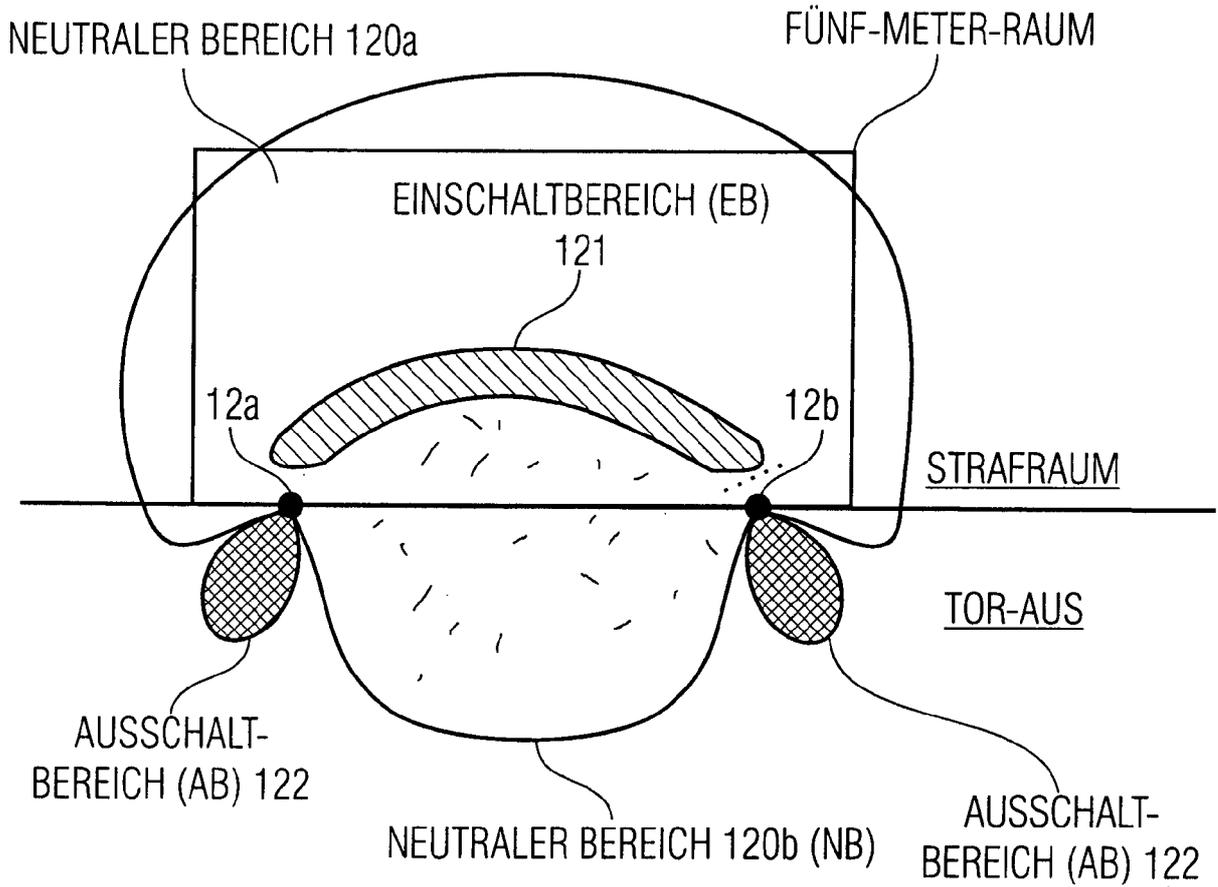


FIG 12B

BALLBEWEGUNG	TORSIGNALISIERUNG MÖGLICH
AB → NB	NEIN
AB → AB	NEIN
NB → AB	NEIN
AB → EB	JA / NEIN
EB → EB	JA
EB → NB	JA
NB → NB	JA
EB → AB	NEIN