



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 048 818 A1** 2009.04.02

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 048 818.3**

(22) Anmeldetag: **10.10.2007**

(43) Offenlegungstag: **02.04.2009**

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

A63B 71/06 (2006.01)

G01R 33/02 (2006.01)

A63F 9/24 (2006.01)

A63B 43/00 (2006.01)

(66) Innere Priorität:

10 2007 044 969.2 19.09.2007

(71) Anmelder:

Cairos technologies AG, 76307 Karlsbad, DE

(74) Vertreter:

**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &
Schwanhäusser, 80802 München**

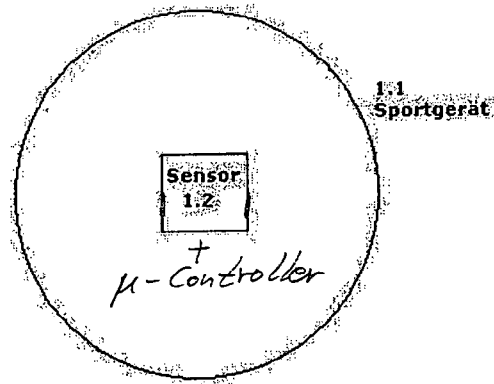
(72) Erfinder:

Bucher, Tilman, 81929 München, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Automatische Positionsbestimmung eines Objektes, insbesondere eines Fußballs**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Auswertung von magnetischen Feldern oder Signalen zur Verwendung bei der Positionsbestimmung eines Objektes, wobei zwei zeitlich zueinander versetzte magnetische Signale oder Felder von zwei zumindest zum Teil oder vollständig voneinander getrennt angeordneten Leitern erzeugt werden, die von den Leitern nacheinander erzeugten Magnetfelder von mindestens einem und vorzugsweise drei bevorzugt orthogonal zueinander angeordneten Sensoren erfasst werden und aus den erfassten Signalen eine Information zur Positionsbestimmung des die Sensoren tragenden Objektes relativ zu den Leitern ermittelt wird.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Vorrichtungen und Verfahren, mit welchen eine vollautomatische oder auch halbautomatische Bestimmung der Position eines Objektes, insbesondere eines Sportobjektes, wie beispielsweise eines Balls oder Fußballs, durchgeführt werden kann.

[0002] Die nachfolgend beschriebenen Vorrichtungen und Verfahren können alle sowohl einzeln, als auch in Kombination miteinander, verwendet werden. Insbesondere erleichtert die als zweiter Aspekt der Erfindung beschriebene vorzugsweise einseitige Erdung der an einer Signallinie, wie zum Beispiel einer Torauslinie, verlegten zur Positionsbestimmung dienenden Leiterbahnen und die gemäß einem dritten Aspekt beschriebene Ausbildung eines Tores zur Verhinderung der Entstehung einer Leiterschleife bzw. eines geschlossenen Stromkreises die Positionsbestimmung gemäß dem hiernach beschriebenen Verfahren. Selbstverständlich können die beschriebenen Leiter aber auch ohne weiter beabsichtigte Verwendung des beschriebenen Positionsbestimmungsverfahrens wie in dieser Anmeldung ausgeführt geerdet werden und zusammen mit oder ohne dem eine oder mehrere Isolationen aufweisenden Tor verwendet werden.

[0003] Ein System und ein Verfahren zum Verfolgen der Bewegung eines Objektes innerhalb eines vordefinierten Gebietes ist aus der US 2005/0270156 A1 von Gary Ravet bekannt.

Verfahren zur Messungen der Amplitude von periodisch sich ändernden Signalen bei kurzen Signallängen

[0004] Das dieser Erfindung gemäß einem ersten Aspekt zu Grunde liegende technische Verfahren zur Messung und Auswertung von niederfrequenten periodisch sich ändernden Feldstärken bei kurzen Signallängen dient als Grundlage zur Positionsbestimmung eines geeigneten Objekts, wie z. B. eines Magnetfeldsensoren und Elektronik beinhaltenden Balls. Das beschriebene Verfahren eignet sich vor Allem für Anwendungen bei denen die Mess-Sensorik in möglichst kleinen autarken Einheiten realisiert werden muss. Anwendungsbeispiele sind hierbei in der Biologie/Zoologie die Verfolgung von Bewegungsabläufen von Tieren, ohne dass die Messsonde das Verhalten des Tieres beeinflusst. Oder auch die genaue Ortsbestimmung bei Spielgeräten wie zum Beispiel zur Bestimmung, ob das Spielgerät zu einem bestimmten Zeitpunkt eine bestimmte Linie überschritten hat.

[0005] Üblicherweise werden Amplituden von periodischen Signalen auf elektrotechnische Art und Weise gemessen. Es wird dabei das Signal elektronisch gleichgerichtet. Danach kann die Signalstärke, bzw. die Amplitude des Signals über eine Messung der Höhe des gleichgerichteten Signals erfolgen. Für eine kurze Signaldauer (z. B. < 5 Perioden) für ein Einzelsignal, wie sie vor Allem bei einem Zeitmultiplexverfahren notwendig sein kann, ist diese Methode unzureichend. Beim Zeitmultiplexverfahren werden die einzelnen Messungen dadurch getrennt, dass zu einem bestimmten Zeitpunkt nur ein Signal bzw. nur ein Feld zur Messung existiert. Um eine Ortsauflösung zu erreichen, müssen aber mehrere Felder erzeugt werden, welche unterschiedliche Geometrien besitzen. Im Zeitmultiplexverfahren werden diese Felder zeitlich getrennt erzeugt. Um innerhalb eines bestimmten Zeitraumes diese Ortsauflösung zu erreichen, müssen alle Felder innerhalb dieses Intervalls einmal aktiviert werden. Für ein Objekt bzw. Spielgerät welches sich mit bis zu 30 m/s bewegen kann, und für das eine Ortsauflösung von 0,06 m gefordert ist ergibt dies ein Zeitintervall von 2 ms, in dem sämtliche Felder einzeln hintereinander aktiviert werden müssen. Bei einer typischen Frequenz von 5 KHz, d. h. 5 Perioden pro ms ergibt das bereits nur insgesamt 10 Perioden innerhalb des möglichen Zeitrahmens. Somit bleiben bei zwei Feldern im Zeitmultiplexverfahren maximal 5 Perioden zur Analyse.

[0006] Für die Betrachtung werden „quasi statische Felder“ benutzt. Wegen der möglichen Störquellen von statischen Feldern, wie z. B. dem Erdmagnetfeld bei Betrachtung von Magnetfeldstärken, verwendet man niederfrequente Wechselfelder in der Größenordnung 1 KHz bis 10 KHz. Diese können bei elektromagnetischer Betrachtung als statisch betrachtet werden, d. h. die Maxwell Gleichungen bleiben in erster Ordnung statisch, es werden keine relevanten elektromagnetischen Funksignale erzeugt.

[0007] Bei der elektrotechnischen Bearbeitung des Signals im Ball stehen aber alle elektrotechnischen Hilfsmittel zur Behandlung von periodischen Signalen, wie z. B. Hochpassfilter und Tiefpassfilter, zur Verfügung. Dadurch lassen sich eindeutige Felder erzeugen und beim Empfang über geeignete elektrotechnische Filter, wie Hoch- und Tiefpassfilter, relativ störfrei in periodische Signale wandeln.

[0008] Um eine Ortsauflösung zu erreichen, müssen mehrere Felder erzeugt werden, welche unterschiedliche Geometrien besitzen. Durch den Vergleich der unterschiedlichen Feldstärken kann gemäß den physikalischen Gesetzmäßigkeiten der Felderzeugung Rückschlüsse auf den Aufenthaltsort des Empfängers gezogen

werden. Bei der Erzeugung von Magnetfeldern durch elektrischen Strom ist das Feld durch das Biot-Savart-Gesetz definiert. Bei statischen elektrischen Feldern erfolgt die Definition analog anhand der Maxwell Gleichungen für den statischen Fall. Anhand dieser Gesetzmäßigkeiten kann dann eine Positionsbestimmung anhand mathematischer Verfahren, wie Beispielsweise Trigonometrie, erfolgen.

[0009] Für die Genauigkeit des Systems ist dabei ausschlaggebend, dass die Feldänderung (Feldgradient) für die geforderte Ortsauflösung entlang einer Ortskoordinate nicht unterhalb der Feldstärkeauflösung des technischen Verfahrens liegt. Das bedeutet, dass bei einer Ortsauflösung von 0,06 m und einer Messgenauigkeit des Sensors von 1% jedes beteiligte Feld mindestens eine Feldänderung von 1% über die Distanz von diesen 0,06 m aufweisen muss.

[0010] Zur Messung der periodischen Felder wird dabei üblicherweise ein im Sportgerät oder Ball angebrachter 3-Dimensionaler Magnetfeldsensor benutzt, welcher technisch z. B. als Hall Sensor oder auch mittels magnetoresistiven Elementen funktioniert. Nachteil dieser Technik ist, dass die Sensoren gleichzeitig auch die konstanten, statischen Magnetfelder wie das Erdmagnetfeld messen. Im Normalfall ist das Erdmagnetfeld aber um einige Größenordnungen stärker als die erzeugten Messfelder. Das Messfeld ist dann nur als Superposition auf das sehr viel größere statische Feld messbar. Dadurch wird die Empfindlichkeit des Sensors gegenüber dem relevanten Messfeld eingeschränkt.

[0011] Wesentlich effektiver zur Messung solcher periodisch sich ändernden Magnetfelder ist ein Sensor bestehend aus drei orthogonal zueinander angebrachten Spulen, welche nur über Induktion die sich ändernden Felder messen. Elektrotechnisch bedingte Störungen, wie z. B. durch die einzelnen Bauteile bedingtes Rauschen der Sensoren, fallen dabei nicht so sehr ins Gewicht, da die erzeugte Ausgangsspannung bei geeigneter Spulenwahl erheblich größer ist als das Superpositionierte Signal aus den Magnetfeldsensoren. Einen weiteren positiven Effekt erzielt die Spule im Vergleich zum Hallsensor bzw. magnetoresistiven Sensor durch ihre größere Ausdehnung. Störeffekte der Sensorplatine, wie Beispielsweise induzierte Kreisströme in der Nähe der Sensoren, wirken auf die kleinen Magnetfeldsensoren relativ stärker ein. Durch den größeren Wirkungsquerschnitt der Messspulen fallen diese Effekte nicht so ins Gewicht.

[0012] Ziel der vorliegenden Erfindung ist somit ein verbessertes Verfahren zur Analyse von Feldstärken periodisch sich ändernder Felder zur Positionsmessung eines geeigneten Objekts

Beschreibung des Prinzips:

[0013] Beim Zeitmultiplexverfahren werden unterschiedlich periodische Felder von z. B. zwei Leitern, die z. B. parallel zueinander in etwa gleichen Abstand zu einer Linie verlegt sind, mit gleicher Frequenz zeitlich hintereinander definiert aktiviert. Zum Starten einer Positionsmessung wird erst ein Triggersignal erzeugt. Dieses Triggersignal kann bei allen Feldern gleichzeitig oder nur bei einem oder mehreren bestimmten Feldern erzeugt werden. Dieses Triggersignal kann zum Beispiel die Flanke eines Signals nach einer definierten signalfreien Zeit von einer Periodendauer oder auch länger, sein. Danach werden die einzelnen Felder in einer definierten Art und Weise hintereinander zu und abgeschaltet (Fig. 4). Die ermittelten Werte der einzelnen Felder werden über den integrierten Mikrocontroller (Fig. 3; 3.5) verwaltet und per Funk (Fig. 3; 3.6 und 3.7) an eine, wie auch immer geartete, Steuereinheit (Fig. 3; 3.8) zur weiteren Auswertung gesendet.

[0014] Dabei gilt für Detektion des Triggersignals:

In periodischen Abständen wird mittels eines 3-Dimensionalen Sensors (Fig. 3; 3.2) die Feldstärke gemessen. Unterscheiden sich die einzelnen Messwerte nicht bzw. bleibt die Differenz der einzelnen Werte (W_j) unterhalb eines Schwellenwertes bei einer Position der Empfangseinheit innerhalb des Messbereichs befindet sich das System in einem Zustand ohne aktiviertes Wechselfeld (Fig. 4; 4.3).

$$|W_n - W_{n+1}| < \text{SchwellWert}$$

[0015] Wird bei einer bestimmten Anzahl (z. B. > 3) aufeinanderfolgender Messwerte dieser Schwellwert nicht überschritten, aktiviert sich das System zur Triggerung. Als Triggerpunkt wird dabei der Messwert (W_j) verwendet für den gilt:

$$W_j > \text{TriggerSchwellWert (Figur 4.)}$$

[0016] Ab diesem Triggerpunkt beginnt dann die Verarbeitung gemäß Fig. 3. Nach dem Durchlaufen eines Messzyklus zur Positionsmessung des aktuellen Ortes beginnt der Prozess mit der Detektion eines Trigger-

punktes von vorne.

[0017] Dabei gilt dann für die Analyse eines einzelnen bestimmten Feldes:

Ein Periodisches Feld (**Fig. 3; 3.1**) mit definierter Frequenz wird von einem 3-Dimensionalen Sensor (**Fig. 3; 3.2**) aufgenommen und in elektrische Wechselfeldung gewandelt. Über einen Frequenzpass wird analog die definierte Frequenz aus dem Signal herausgefiltert. Es ergeben sich daraus die drei periodischen Signale mit definierter Frequenz für die drei orthogonalen Raumrichtungen der Messsonde (**Fig. 3; 3.3**). Diese Signale werden nun digital bearbeitet. Es wird dabei bei allen drei Raumrichtungen in gleicher Weise vorgegangen. Mittels eines Analog-Digitalwandlers (**Fig. 3; 3.4**) wird in festgelegten, gleichen Intervallen T_j die elektrische Spannung des Signals gemessen. Dabei werden pro Raumrichtung $(N + 1)$ Messungen durchgeführt, wobei N ungerade sein soll.

[0018] Dabei gilt:

$T_j \cdot N = \text{Periodendauer}$

[0019] Das heißt, dass der $(N + 1)$ te Messwert die gleiche Phase wie der erste Messwert hat und somit eine ganze Periode durchlaufen ist.

[0020] Die diskreten Messpunkte sind dabei gleichmäßig über eine Periode verteilt. Die Taktfrequenz der diskreten Messung F_{Takt} verhält sich somit zur Signalfrequenz F_{Signal} wie:

$$F_{\text{Takt}} = N \cdot F_{\text{Signal}}$$

[0021] Die dabei erhaltenen $(N + 1)$ Messwerte werden in einem integrierten Mikrocontroller (**Fig. 3; 3.5**) nach einem definierten Algorithmus ausgewertet und ergeben somit die gesuchte Signalamplitude für jede Raumrichtung. Die Ergebnisse können von einem ebenfalls im Sportgerät integrierten Sender (**Fig. 3; 3.6**) an einen externen Empfänger (**Fig. 3; 3.7**) zur weiteren Verarbeitung übertragen bzw. gesendet werden.

[0022] Diese Verfahren funktioniert prinzipiell auch ohne Multiplexverfahren, nur zur Bestimmung einer Amplitude eines beliebigen Wechselfeldes.

[0023] Vorzugsweise können die nachfolgend beschriebenen Verfahren A1, A2, A3 einzeln oder miteinander kombiniert verwendet werden.

Beschreibung von Ausführungen des im Mikrocontroller verwendeten Algorithmus:

[0024] Hintergrund des Verfahrens ist, dass beim Differenzieren einer periodischen Funktion und beim nachfolgenden Integrieren eventuelle z. B. durch einen Offset hervorgerufene Konstanten verschwinden. Bei diesem technischen Verfahren heißt das, dass ein eventuelles Offset verschwindet. Technisch umgesetzt bedeutet dies bei diskreten Messpunkten) wie in diesem Verfahren vorgestellt, dass die einzelnen, absoluten Abstände zwischen den einzelnen diskreten Werten (W) zu summieren und danach durch N zu teilen sind um einen Wert für die Amplitude zu erhalten:

$$A1 = \text{Summe} (\text{ABS}(W_i - W_{(i+1)})) / N$$

[0025] In **Fig. 5; 5.1** ist die Lösung für eine Phase 0 bis T_j bei $N = 11$ aufgetragen. Aus Darstellungsgründen wurde der Wert mit 3 multipliziert. Man sieht sofort, dass sich bei dieser Methode ein systematischer Fehler von circa einem Prozent ergibt, welcher von der Phasenlage bezogen auf das Intervall T_3 abhängt.

[0026] Verwendet man noch weitere Methoden zur Amplitudenmessung wie die Methode der Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten Wert

$$A2 = \text{MAX}(W_i)_{1..N} - \text{MIN}(W_i)_{1..N}$$

erhält man eine Lösung wie in **Fig. 5; 5.2** für die gleiche Phase wie **Fig. 5; 5.1** und $N = 11$ gezeigt. Der Wert wurde hier aus Darstellungsgründen durch 2 geteilt. Auch hier erkennt man einen systematischen Fehler von circa einem Prozent.

[0027] Eine weitere Methode ergibt sich aus dem Vergleich der größten und der kleinsten Differenz zwischen

zwei benachbarten Messwerten und die Summe der Absolutwerte von beiden. Die Lösung der Gleichung

$$A3 = \text{ABS}(\text{MAX}(W_i - W_o + 1))_{1..N}) + \text{ABS}(\text{MIN}(W_i - W_o + 1))_{1..N})$$

ist in [Fig. 5: 5.3](#) zu sehen. Auch hier erkennt man für die gleichen Parameter einen systematischen Fehler in gleicher Größenordnung wie bei den vorhergegangenen Gleichungen. Wie in [Fig. 5](#) leicht zu sehen ist verhalten sich die einzelnen Gleichungen teilweise antizyklisch. Durch eine geeignete Kombination der einzelnen Lösungen A1, A2 und A3 kann nochmals eine wesentliche Verbesserung der Messgenauigkeit erreicht werden.

$$\text{AMP} = (\text{Faktor1} \cdot A1) + (\text{Faktor2} \cdot A2) + (\text{Faktor3} \cdot A3)$$

[0028] Da A1 und A2 sich Phasengleich verhalten und den gleichen prozentualen Fehler aufweisen, ergeben sich faktisch zwei prinzipielle, redundante vereinfachte Lösungen welche zu einer Ergebnisoptimierung führen:

$$\text{AMP1} = (\text{Faktor1} \cdot A1) + (\text{Faktor3} \cdot A3)$$

Bzw.

$$\text{AMP2} = (\text{Faktor2} \cdot A2) + (\text{Faktor3} \cdot A3)$$

[0029] Der Vorteil von zwei redundanten Lösungen besteht auch in der Möglichkeit etwaige Ungenauigkeiten in der Messung der einzelnen Werte durch eine Mittelung über beide Lösungen zu verringern.

[0030] Diese Gleichung bzw. Auswertung kann insbesondere bei verrauschten Messwerten sehr wohl sinnvoll sein.

[0031] Zusammenfassend kann man sagen, dass sich dieses technische Verfahren je nach Bedarf in der Genauigkeit bzw. des Rechenaufwandes für den Mikroprozessor skalieren lässt, Je nach Anforderung kann es genügen A1, A2 oder A3 schon als Lösung zu betrachten. Bei höheren Anforderungen an die Genauigkeit ist sicherlich AMP1, AMP2 oder AMP sinnvoll.

[0032] In [Fig. 6](#) ist beispielhaft eine Lösung für $N = 11$, Faktor1=0, Faktor2=1/2 und Faktor3=1 mit einem systematischen Fehler von 0,3 Prozent aufgetragen.

[0033] In Tabelle 1 sind die Systematischen Fehler der einfachen Lösungen A1, A2 oder A3 für verschiedene N aufgelistet.

Tabelle 1

N	system. Fehler
7	2,57%
9	1,54%
11	1,03%
13	0,73%
15	0,55%

[0034] In Tabelle 2 sind die Faktoren für AMP1 bzw. AMP2 zur Normierung der Lösungen mit A1, A2 und A.3 aufgelistet. Durch die Redundanz von AMP1 und AMP2 ergibt sich dabei ein identischer systematischer Fehler für die beiden Lösungen bei gleichem N. Zur Vereinfachung setzen wir den Faktor3 gleich 1,0.

Tabelle 2

N	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	system. Fehler
7	2,9610	0,8460	1,0	0,65%
9	3,0314	0,6736	1,0	0,39% 0,26%
11	3,0675	0,5577	1,0	
13	3,0884	0,4751	1,0	0,18%
15	3,1015	0,4135	1,0	0,14%

Entscheidende Vorteile dieses Verfahrens sind:

[0035] Es ist stromsparend da der Mikrocontroller nur einfachste Rechenoperationen ausführen muss, dadurch kann die Messsonde bzw. Empfangseinheit auch möglichst klein ausgeführt werden.

[0036] Die Informationen werden zeitnah, innerhalb einer Messperiode quasi „in time“ verarbeitet. Es entsteht dadurch keine Zeitverzögerung. Das System kann extrem kurze Impulse, welche nur wenig länger als eine Periode sein müssen, verarbeiten. Die Amplitude des Signals wird frei von einem etwaigen Offset gemessen. Im Vergleich zu einer Amplitudenmessung über die analoge Gleichrichtung des Signals und anschließender Messung der Höhe der Spannung ist das in dieser Erfindung benutzte Verfahren wesentlich genauer.

[0037] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft die Kompensation der Störeinflüsse auf die generierten Magnetfelder. Beispielsweise kommt es durch eine metallische Torlatte zu unterschiedlich starken Störungen der im Bereich einer Torlinie durch die dort angeordneten Leiter generierten Magnetfelder, wie weiter unten beschrieben. Um dies zu kompensieren, können die jeweils anderen Leiter, deren Magnetfeld gerade nicht gemessen werden soll, ein gleichartiges, vorzugsweise phasengleiches, jedoch im Betrag geringeres Magnetfeld erzeugen. So lassen sich die induzierten Wirbelströme in der Latte kompensieren und gleichzeitig das erzeugte „Gegenmagnetfeld“ heraus gerechnet werden. Die nötigen Magnetfeldstärken hierzu können im Vorfeld empirisch ermittelt werden.

[0038] Vorzugsweise sind die Leiter der vorliegenden Erfindung stromgesteuert. Des Weiteren ist die Form des Stromes per Matrix steuerbar. Der hier verwendete Begriff „Matrix“ wird hier folgendermaßen definiert: Die Matrix ist als Tabelle zu verstehen, die in einem Speicher hinterlegt ist und beliebige Stromverläufe für beliebig viele Kanäle (entsprechend unterschiedlicher Leiter) beinhaltet. Beim Abrufen der Matrix, beispielsweise während dem Systembetrieb, werden die im Speicher hinterlegten Stromverläufe abgearbeitet, so dass der oder die betreffenden Leiter nach einem vorher bestimmten Muster bestromt werden. Jeder Kanal, das heißt jeder Leiter, kann dabei separat programmiert werden. Dabei sind beliebige zeitliche Verläufe des Stromes denkbar. Denkbar ist ferner ein Multiplex mit sinusförmigem Verlauf auf den Kanälen 1 bis 4, wobei die Frequenz 3 kHz beträgt und jeder Kanal über zwei Perioden hinweg ein Signal abgibt und in der darauf folgenden dritten Periode kein Signal abgibt (Pause). Ferner kann dabei ein Triggersignal programmiert werden. Ebenso kann eine Einschwingphase programmiert werden. Vorteilhafterweise können bei der vorliegenden Erfindung gleichzeitig mehrere Kanäle beziehungsweise mehrere Leiter gleichzeitig bestromt werden.

Bezugszeichenliste

- 1 Schematische Darstellung eines Sportgerätes mit integrierter Empfangseinheit/Messsonde.
- 2 Schematische Darstellung eines Versuchstiers mit angebrachter Empfangseinheit/Messsonde.
- 3 Schematische Darstellung des technischen Verfahrens.
- 4 Darstellung eines Zeitmultiplexverfahrens bei zwei Feldern.
 - 4.1 Signal Feld 1
 - 4.2 Signal Feld 2
 - 4.3 Signalfreie Zeit
- 5 Lösung der einzelnen Methoden für eine Phase 0 bis T_i bei $N = 11$
 - 5.1 $A1 = \text{Summe}(\text{ABS}(W_i W_o + i))1, N/N$
 - 5.2 $A2 = \text{MAX}(W_i)1, N - \text{MIN}(W_i)1, N$
 - 5.3 $A3 = \text{ABS}(\text{MAX}(W_i W(i + i))1, N) + \text{ABS}(\text{MIN}(W_i - W(i + i)))1, m$
- 6 Lösung des eingesetzten Algorithmus für eine Phase 0 bis T_i bei $N = 11$ mit Faktor1=0, Faktor2=1/2 und Faktor3=1

[0039] Fig. 7 zeigt schematisch eine Steuereinheit mit vier Kanälen gemäß der vorliegenden Erfindung

[0040] Fig. 8 zeigt eine Ausgabe einer Matrix, bei der zwei Kanäle gleichzeitig bestromt werden. Zu sehen ist dabei, dass im Zeitintervall a der Kanal 1 die gleiche Phase wie der Kanal 2 aufweist, jedoch nur 40% des Effektivwertes besitzt. Dabei sind Effektivwerte im Bereich von 10% bis 40% vorstellbar. Im Intervall B ist Umgekehrtes der Fall. Das Intervall c bildet dabei eine Pause, wobei die Kanäle 1 und 2 nicht bestromt werden. Im Intervall d wird lediglich der Kanal 2 bestromt, im Intervall e lediglich der Kanal 1. Wenn also der Ball in die Nähe der Torlatte kommt, so dienen die Stromverläufe in den Intervallen A und B dazu, die Störeinflüsse an der Latte zu „symmetrisieren“.

[0041] Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft das Bestimmen der Position eines mobilen Sportgerätes, wobei das Sportgerät ein Ball, insbesondere ein Fußball sein kann. Dabei trägt das mobile Sportgerät einen Sensor, der magnetische Felder erfassen und deren Feldstärke messen kann. Wenn beispielsweise vor und hinter einer Markierungslinie eines Spielfeldes im gleichen Abstand parallel dazu je ein elektrischer Leiter angeordnet ist, durch den elektrischer Strom fließt, so generiert jeder der Leiter ein magnetisches Feld, das vom Sensor des mobilen Sportgerätes erfasst werden kann. So ist es möglich, anhand der Feldstärken der einzelnen Felder, die von den Leitern generiert werden, die Position des mobilen Sportgerätes relativ zu der Markierungslinie zu bestimmen.

[0042] Zum Erzeugen eines Stromflusses durch einen solchen Leiter ist es nötig, diesen Leiter mit einer Stromquelle zu verbinden. Demzufolge ist es weiterhin nötig, eine elektrische Rückleitung bereitzustellen, die den Stromkreis durch den Leiter, der das Magnetfeld erzeugen soll, schließt. Ein Problem ist es dabei, dass diese Rückleitung ebenfalls ein magnetisches Feld erzeugt, welches das zur Positionsbestimmung des mobilen Sportgerätes dienliche Magnetfeld stört. So kann es zu erheblichen Abweichungen zwischen der realen Position des mobilen Sportgerätes und der durch die Erfassung der einzelnen Magnetfelder berechneten Position kommen.

[0043] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, einen elektrischen Leiter bereit zu stellen, bei welchem die oben genannten Probleme nicht auftauchen.

[0044] Diese Aufgabe wird durch einen elektrischen Leiter gemäß dem Anspruch 13 gelöst. Die Unteransprüche definieren dabei bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung.

[0045] Ein elektrischer Leiter zum Erzeugen eines magnetischen Feldes auf einem Spielfeld, wobei der jeweilige Leiter mit einer Stromquelle verbunden ist, zeichnet sich dadurch aus, dass das zumindest ein der Verbindung mit der Stromquelle abgewandtes Ende des Leiters mit einer Erdungsvorrichtung elektrisch verbunden ist.

[0046] Somit kann der Stromkreis, der zum Teil durch den jeweiligen Leiter gebildet wird, zwischen den zwei Polen der Stromquelle, welche an einem Pol mit dem Leiter verbunden ist, geschlossen werden, ohne dass eine separate Rückführung nötig ist. Die Rückführung übernimmt dabei das Erdreich, mit dem der Leiter über die Erdungsvorrichtung verbunden ist.

[0047] Die Stromquelle ist dabei ebenfalls über eine Erdungsvorrichtung mit dem Erdreich und somit mit dem geerdeten Leiterende verbunden.

[0048] Vorteilhafterweise wird dadurch kein störendes Magnetfeld erzeugt, wodurch letztendlich die Positionsbestimmung des mobilen Sportgerätes verbessert wird.

[0049] In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Leiter, ausgenommen die Verbindung mit der Erdungsvorrichtung, gegenüber seiner Umgebung elektrisch isoliert. Somit kann ein Stromfluss von der Stromquelle nur über den Leiter und die Erdungsvorrichtung und letztendlich über das Erdreich zurück stattfinden.

[0050] Dies ist insbesondere hilfreich, wenn, wie in einer bevorzugten Ausführungsform, der Leiter im Erdreich, beispielsweise unter einer Spielfeldoberfläche, angeordnet ist. Dabei wird eine Anordnung oberhalb der Spielfeldoberfläche nicht bevorzugt, da ansonsten der Leiter die Spieler auf dem Spielfeld behindern würde.

[0051] Dabei ist es denkbar, dass der Leiter ein handelsübliches flexibles Kabel oder ein Draht ist.

[0052] Weiterhin kann die Erdungsvorrichtung eine oder mehrere sich von einem zentralen Teil der Erdungs-

vorrichtung erstreckende Anformungen oder Erdanker aufweisen, um die Erdungseigenschaften zu verbessern.

[0053] In einer bevorzugten Ausführungsform erstrecken sich zwei oder mehrere, bevorzugt identische, elektrische Leiter parallel zueinander in horizontaler Richtung und in gleicher Höhe. Somit ist es möglich, an jeder Stelle der Leiteranordnung eine Positionsbestimmung des mobilen Sportgerätes relativ zu den Leitern bzw. der Markierungslinie vorzunehmen, wenn die Markierungslinie parallel zu der Leiteranordnung und vorzugsweise dazwischen verläuft.

[0054] Dabei sollten die Leiter bevorzugt stets auf gleicher Höhe zueinander angeordnet sein, so dass die Ebene, bei welcher gleiche Feldstärke korrespondierender Leiter vorliegt, die Spielfeldoberfläche in der Markierungslinie orthogonal schneidet und so auch eine genaue Messung des mobilen Sportgerätes in einem vertikalen Abstand zu der Markierungslinie möglich ist.

[0055] Da in den Randbereichen des Leiters, also an den Verbindungsstellen mit der Stromquelle und der Erdungsvorrichtung, Störungen bzw. Inhomogenitäten des Magnetfeldes auftreten können, ist es denkbar, dass sich die Leiter über die Länge der eigentlichen Markierungslinie hinaus erstrecken, um im Bereich der gesamten Markierungslinie homogene Magnetfelder zu erhalten und somit über die gesamte Länge der Markierungslinie genaue Messungen zu ermöglichen.

[0056] Als Markierungslinie ist bei einem Fußballfeld insbesondere die Torlinie von Interesse, um schnell und einfach festzustellen, ob ein Tor erzielt worden ist.

[0057] Dabei kann an einer oder an beiden Torlinien des Fußballfeldes an beiden Seiten der einzelnen Torlinien je ein Leiter angeordnet werden.

[0058] So wird, falls sich der Ball vor der Torlinie befindet, vom Leiter vor der Torlinie ein stärkeres Magnetfeld durch den Sensor des Balls registriert als vom Leiter hinter der Torlinie. Falls sich der Ball genau oberhalb der Torlinie befindet, so werden beide Magnetfelder der Leiter als gleich stark detektiert. Falls sich der Ball im Tor befindet, so ist der Leiter hinter der Torlinie dem Ball näher und demzufolge ist sein Magnetfeld an dem Ort des Balles stärker als das Magnetfeld des Leiters vor der Torlinie. Je nach Spielregel kann es auch sinnvoll sein die Leiter in eine Richtung relativ zur Signallinie zu versetzen, um z. B. erkennen zu können, ob ein Ball z. B. nicht nur mit seinem Mittelpunkt, sondern vollständig die Linie überschritten hat.

[0059] Es ist jedoch auch denkbar, mehrere oder sogar alle Markierungslinien des Fußballfeldes mit solchen Leiteranordnungen auszustatten, sodass beispielsweise an den Spielfeld-Begrenzungslinien ein Aus des Balles registriert werden kann.

[0060] Es ist weiterhin denkbar, beispielsweise die Torlinie mit mehreren orthogonal zueinander stehenden paarweisen Anordnungen von Leitern zu versehen, um beispielsweise festzustellen, an welcher Stelle und Höhe der Ball die Torlinie überschreitet.

[0061] Ein weiterer Aspekt betrifft die Position der erfindungsgemäßen Leiter im Bereich der Torlinie. Da ein Tor erst gewertet wird, wenn der Ball zu einem bestimmten Anteil über die Torlinie tritt, müssen die unterhalb der Torlinie angeordneten Leiter um einen bestimmten Betrag „vom Spielfeld weg“ versetzt werden. Somit verlaufen die beiden Leiter nicht exakt symmetrisch zu der Torlinie, sondern parallel versetzt dazu. Da sich die Torlatte exakt oberhalb der Torlinie befindet, sind die Leiter auch versetzt zu der Torlatte. Wenn nun die Torlatte aus einem leitenden Werkstoff besteht, werden die von den Leitern generierten Magnetfelder durch Induktion von Wirbelströmen in der Torlatte beeinflusst. Da nun die Leiter verschiedene Abstände zu der Torlatte haben, also asymmetrisch zu dieser angeordnet sind, werden die Magnetfelder der unterschiedlichen Leiter unterschiedlich stark beeinflusst. Mit anderen Worten kommt es im Bereich der Latte zu unterschiedlich starker Beeinflussung der Magnetfelder, so dass Fehler in der Positionsbestimmung des Balles, bei der ja die Stärke der Magnetfelder gemessen wird, hervorgerufen werden.

[0062] Eine weitere Ausführungsform der Erfindung schafft hier Abhilfe. So wird, wenn einer der beiden Leiter ein Magnetfeld erzeugt bei dem anderen Leiter erfindungsgemäß ein bevorzugt in der Form und insbesondere bevorzugt in der Phase gleichartiges, jedoch in der Stärke geringeres Magnetfeld erzeugt, um die im umlaufenden Querschnitt der Latte induzierten Wirbelströme, die letztendlich die Störung in der Positionsbestimmung im Bereich der Latte hervorrufen, zu symmetrisieren.

[0063] Um den durch Wirbelfelder erzeugten Fehler im Bereich der Latte zu kompensieren, ist es gut, wenn die zwei zu vergleichenden Felder möglichst parallel (oder antiparallel, da ein Wechselfeld vorliegt und beim Berechnen der Felder diese wie Geraden ohne ausgezeichnete Richtung betrachtet werden) angeordnet sind. Dadurch wird der Effekt symmetrisch, da nur ein Vergleich der Feldstärken durchgeführt wird. Wenn beide Felder gleichermaßen gestört werden, wird der Fehler kompensiert.

[0064] Dabei ist es einerseits denkbar, durch gleichzeitige Bestromung der Leiter den Winkel zu minimieren. Dabei ist zu beachten, dass die Felddynamik in Feldrichtung Spielfeldmitte nicht zu gering wird. So beträgt die typische Größenordnung bei der Bestromung des jeweils anderen Leiters etwa 20 bis 40% des Leiters, dessen Feld gerade „gemessen“ werden soll.

[0065] Andererseits ist es denkbar, die oben genannte Methode mit der Multiplexmessung um eine einfach bestromte Messung der beiden Leiter zu erweitern (siehe dazu [Fig. 8](#)). Durch ein empirisches, mathematisches Vergleichsverfahren kann jetzt die Störung durch die Wirbelfelder „herausgerechnet“ werden. Dazu muss das System vor Inbetriebnahme geeicht werden. Durch die im Folgenden genannte Höhenmessung eines Balles können diese Methoden bei jeder Messung dynamisch zugeschaltet werden, wenn eine kritische Höhe (sprich Nähe zur Latte) vorliegt. Dies geschieht im Rahmen der Matrix in der Steuereinheit. Da die Steuereinheit auch die Auswertung (Berechnung) der Position aus den vom Sensor gesendeten orthogonalen Feldstärken vornimmt, ist es auch bekannt, ob und wann welche Methode gerade in Betrieb ist.

[0066] Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft die Höhenmessung eines Balles relativ zum Spielfeld. Wenn der Ball sich oberhalb von zwei Leitern befindet, so kann er seine Position relativ zu den Leitern durch Bestimmung der Stärke der von den Leitern generierten Felder berechnen. Da mit zunehmender Höhe des Balles über dem Spielfeld, insbesondere über der Torlinie, der vom Ball aus gesehene Winkel zwischen den Leitern abnimmt, lässt sich letztendlich auch die Position und somit auch die Höhe des Balles gegenüber der Torlatte bestimmen.

[0067] Die Erfindung wird anhand der beiliegenden Figuren näher erläutert, wobei die Erfindung die darin beschriebenen Merkmale einzeln, sowie in jedweder sinnvollen Kombination, umfassen kann. Dabei zeigt:

[0068] [Fig. 9](#): Ein Fußballfeld mit Beispielen von Leiteranordnungen in einer Draufsicht

[0069] [Fig. 10](#): Eine horizontale Schnittansicht der Spielfeldoberfläche mit einer Markierungslinie und einer Leiteranordnung

[0070] [Fig. 11](#): Einen Schnitt durch Torlatte mit versetzten Leitern;

[0071] [Fig. 12](#): Eine schematisch dargestellte Beziehung zwischen Winkel ρ und Ballhöhe H

[0072] In der [Fig. 9](#) ist ein Fußballfeld **1** zu sehen, bei welchem als Beispiel einzelne Markierungslinien **5** durch je ein Paar parallele Leiter **2** eingefasst sind. Wie zu sehen, erstrecken sich dabei die Leiter **2** auf je einer Seite der Markierungslinien **5**. Sie haben dabei den gleichen horizontalen Abstand zur Markierungslinie **5** und erstrecken sich über die eigentliche Länge der Markierungslinie **5** hinaus, um auf der gesamten Länge der Markierungslinie **5** eine genaue Messung der Position des Spielballes mit dem Magnetfeldsensor zu ermöglichen. Dabei ist jeder Leiter sowohl mit einer Erdungsvorrichtung **4** als auch mit einer Stromquelle **3** verbunden. Dabei können die Stromquellen **3** einzeln sowie zu mehreren Bestandteilen einer oder mehrerer Steuereinheiten sein, welche wiederum Bestandteil eines Positionserfassungssystems des Spielballes sein kann.

[0073] In [Fig. 10](#) ist zu sehen, dass sich die Leiter **2** zu je einer Seite einer Markierungslinie **5** erstrecken. Diese sind dabei auf gleicher Höhe angeordnet, sodass die Magnetfelder **6** der Leiter **2** in einer die Spielfeldoberfläche **7** durch die Markierungslinie **5** schneidenden Ebene die gleiche Stärke haben. Schematisch ist eine Erdungsvorrichtung **4** eines Leiters **2** gezeigt, mit welcher einer der Leiter **2** mit dem Erdreich unterhalb der Spielfeldoberfläche **7** geerdet ist.

[0074] [Fig. 11](#) zeigt einen Querschnitt durch eine rohrförmige Torlatte aus einem metallischen Werkstoff, die genau oberhalb einer Torlinie **5** angeordnet ist. Da die Torentscheidungslinie **6** innerhalb des Tores, also relativ zur Torlinie **5** vom Spielfeld weg angeordnet sein muss, müssen auch die Leiter **1** und **2** um diesen Betrag versetzt werden. In gezeigtem Beispiel beträgt der Versatz 11 cm. Aufgrund der verschiedenen Abstände der Leiter **1** und **2** von der Latte **3** unterschiedlich starke Wirbelströme innerhalb der Torlatte **3** induziert werden, kommt es im Bereich der Torleiter **3** zu unterschiedlich starken Störungen der Magnetfelder und eine daraus

resultierende fehlerhafte Positionsmessung des Balles im Bereich der Torlatte **3**. Um diesen Effekt zu kompensieren, wird durch den jeweils anderen Leiter, dessen Magnetfeld gerade nicht „gemessen“ werden soll, ein gleichartiges, im Betrag jedoch geringeres Magnetfeld erzeugt beispielsweise ein phasengleiches, jedoch nicht so starkes. Die Superposition der Magnetfeldstärken wird dabei ermittelt. Die Entfernung eines Leiters von der Entscheidungslinie kann etwa 0,6 m bis 2,5 m betragen. Typischerweise beträgt die Entfernung 1 m.

[0075] Fig. 12 zeigt schematisch den geometrischen Zusammenhang zwischen dem Winkel φ , der vom Ball aus gesehen zwischen den zwei Leitern **1** und **2** vorhanden ist und der Höhe h des Balles relativ zum Spielfeld.

[0076] Ein weiterer dritter Aspekt der Erfindung betrifft ein Spielfeldtor mit zwei Pfosten und einer Querlatte, wobei Pfosten und Querlatte im Wesentlichen aus einem elektrisch leitfähigen Material, wie z. B. Aluminium, bestehen.

[0077] Werden zur Positionsbestimmung des Balles elektrische Leiter zum Erzeugen eines magnetischen Feldes beispielsweise im Bereich der Torlinie angeordnet, so verlaufen die durch die Leiter generierten Magnetfeldlinien durch das Tor. Falls das Tor im Wesentlichen aus einem elektrisch leitfähigen Material besteht und die Pfosten im Bereich der Spielfeldoberfläche ebenfalls elektrisch leitend verbunden sind, beispielsweise durch leitendes Erdreich oder einen sich vom Tor rückwärtig erstreckenden Tragfuß des Tores, so stellt das Tor eine Leiterschleife dar.

[0078] Somit wird das von den Leitern generierte Magnetfeld durch Induktionsströme im Tor verfälscht und eine genaue Messung der Position des Balles ist nicht mehr möglich.

[0079] Es ist die Aufgabe der Erfindung eine genaue Messung der Ballposition anhand von Magnetfeldern im Bereich des Tores zu ermöglichen.

[0080] Diese Aufgabe wird durch ein Spielfeldtor gemäß dem Anspruch 28 gelöst. Die Unteransprüche definieren dabei bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung.

[0081] Das erfindungsgemäße Spielfeldtor zeichnet sich dadurch aus, dass eine zumindest einen Teil des Spielfeldtores umfassende Leiterschleife durch zumindest ein elektrisch nicht leitendes Element unterbrochen wird.

[0082] Eine zu unterbrechende Leiterschleife kann durch die Pfosten und die Querlatte und zumindest einen zwischen den Pfosten angeordneten Teil des Spielfeldes gebildet werden. Jegliche andere Anordnungen, die eine Leiterschleife bilden können, beispielsweise die nach hinten ausragenden ringförmigen Netzträger des Tores, können dabei ebenfalls eine Leiterschleife bilden und werden vorzugsweise erfindungsgemäß auch durch ein nicht leitendes Element unterbrochen.

[0083] Das nicht leitende Element kann dabei ein Teil des Tores sein, wobei es insbesondere denkbar ist, dass es als Verbindungselement zwischen der Querlatte und einem der Pfosten oder beiden dient oder die Querlatte oder einen Pfosten in seiner länglichen Erstreckung teilt.

[0084] Es ist grundsätzlich denkbar, ein oder mehrere nicht leitende Elemente an einem Tor vorzusehen.

[0085] Das nicht leitende Element kann dabei aber ebenfalls oder zusätzlich ein Teil des Spielfeldes sein. Vorteilhafterweise kann es dabei in einem an einen Pfosten des Tores anliegenden Bereich des Spielfeldes angeordnet sein, also beispielsweise eine Pfostenaufnahme des Spielfeldes sein.

[0086] Das nicht leitende Element kann dabei aus einem nicht leitenden Kunststoff oder einem nicht leitenden Faserverbundwerkstoff gefertigt sein oder einem solchen zumindest umfassen, so dass einzelne Leiterschleifenelemente des Tores elektrisch voneinander isoliert werden.

[0087] Dabei ist es denkbar, dass das eigentliche Tor im Wesentlichen oder teilweise aus einem leitenden Material gefertigt ist, beispielsweise Aluminium oder einem andern leitenden Metall und zumindest ein Element aus einem nicht leitenden Material umfasst.

[0088] Dabei kann das nicht leitende Element auch zwischen Spielfeld und Tor angeordnet sein, beispielsweise eine Umhüllung, Beschichtung oder Lackierung eines oder beider Pfosten des Tores an der Stelle, an der oder die Pfosten die Spielfeldoberfläche berühren oder sich durch diese hindurch in das Erdreich des Spiel-

feldes erstrecken.

[0089] Die Erfindung wird anhand der beiliegenden Figur näher erläutert, wobei sie die darin gezeigten Merkmale einzeln oder in jedweder sinnvollen Kombination umfassen kann.

[0090] In Fig. 13 ist ein Spielfeldtor in einer Frontansicht gezeigt, welches zwei Torpfosten **5** und eine Querlatte **4** umfasst. Dabei erstrecken sich die Pfosten **5** bis zur Spielfeldoberfläche **3**. Weiterhin sind mehrere nicht leitende Elemente **2** gezeigt, welche aber auch einzeln an einer der gezeigten oder anderen Positionen angeordnet sein können, um die durch das Tor und das Erdreich gebildete Leiterschleife zu unterbrechen.

[0091] Die hellen Bereiche der Pfosten **5** und der Querlatte **4** sind dabei aus einem Metallwerkstoff, beispielsweise Aluminium gefertigt, sind jedoch über die Elemente **2** nicht leitend miteinander verbunden.

[0092] Auf diese Weise kann ein durch das Tor gehendes Magnetfeld nicht durch Induktion beeinflusst werden, was dazu führt, dass das beispielsweise durch an der Torlinie angeordnete Leiter erzeugte Magnetfeld homogen bleibt und eine genaue Positionsermittlung eines Spielballs anhand von Messung einzelner Magnetfelder ermöglicht.

[0093] Ein weiterer vierter Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Verlegen von zwei parallelen Leitern zum Erzeugen von magnetischen Feldern.

[0094] Um eine Ballposition anhand von Messung von einzelnen Magnetfeldern zu Bestimmen, ist es nötig, die magnetfelderzeugenden Leiter unterhalb der Spielfeldoberfläche zu positionieren, um die auf der Spielfeldoberfläche agierenden Spieler nicht zu behindern. Es ist dabei nötig, zwei Leiter in exakt paralleler Anordnung parallel zu einer Markierungslinie unterhalb der Spielfeldoberfläche zu verlegen. Weiterhin ist es nötig, dass sich die einzelnen Leiter auf exakt gleicher Höhe befinden, da ansonsten die Ebene, in der die Magnetfeldstärken der beiden von den Leitern generierten Magnetfelder gleich sind, die Spielfeldoberfläche nicht in der Markierungslinie orthogonal schneidet. In diesem Falle würde ein sich nicht exakt oberhalb der Markierungslinie befindlicher Ball als exakt oberhalb der Markierungslinie registriert werden und umgekehrt.

[0095] Dies macht eine hochgenaue Verlegung der einzelnen Leiter unterhalb der Spielfeldoberfläche nötig.

[0096] Es ist die Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung bereit zu stellen, mit der ein exaktes paralleles Verlegen einzelner Leiter auf gleicher Höhe unterhalb der Spielfeldoberfläche möglich ist.

[0097] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß dem Anspruch 35 und eine Vorrichtung gemäß dem Anspruch 44 gelöst. Die Unteransprüche definieren dabei bevorzugt Ausführungsformen der Erfindung.

[0098] Erfindungsgemäß werden zwei parallele Leiter zum Erzeugen von magnetischen Feldern dadurch verlegt, indem zumindest eine Nut im Bereich der Spielfeldoberfläche erzeugt wird. Es ist jedoch auch denkbar, dass für jeden Leiter eine einzelne Nut hergestellt wird, wobei diese keine nennenswerte Ausdehnung quer zur Verlegungsrichtung haben muss. Vorteilhafterweise wird dabei die Rasenoberfläche des Spielfeldes nicht zerstört, wie das bei bisher durchgeführten Verfahren der Fall war.

[0099] Danach werden die Leiter in die gemeinsame oder in je eine eigenen Nut unter die Spielfeldoberfläche eingebracht, wobei die Position und Ausrichtung eines jeden Leiters bestimmt werden muss, um eine exakte parallele und auf gleicher Höhe verlaufende Erstreckung der einzelnen Leiter sicherzustellen.

[0100] Falls die einzelnen Leiter nicht exakt parallel und/oder auf gleicher Höhe verlaufen, so wird die Position und Ausrichtung von zumindest einem Leiter so variiert, dass die Leiter sich auf gleicher Höhe erstrecken und parallel zum anderen Leiter und der Markierungslinie verlaufen.

[0101] Dabei ist es denkbar, die Nut durch eine rotierende Frässscheibe zu erzeugen. Eine solche Frässscheibe kann dabei auf einem fahrbaren Oberwagen angeordnet sein, welcher in Richtung der zu erzeugenden Nut bewegt wird.

[0102] Es ist jedoch auch denkbar, dass die Nut durch ein längliches Werkzeug erzeugt wird, welches senkrecht zur Spielfeldoberfläche in diese eingebracht wird, bzw. eingestochen wird. So kann etwa eine Art länglicher Spatel benutzt werden, um eine längliche Nut, die senkrecht auf die Spielfeldoberfläche steht, unterhalb der Spielfeldoberfläche zu erzeugen.

[0103] In einer bevorzugten Ausführungsform kann beispielsweise einer oder jeder der Leiter an einem Leiterträger angebracht werden der selbst nicht elektrisch leitend ist und somit keine Störung der von den Leitern erzeugten Magnetfelder bewirkt. Weiterhin kann der Leiterträger so ausgestaltet sein, dass er ähnlich wie ein Lineal nur einer Ebene flexibel ist und in der auf diese Ebene orthogonal stehenden Ebene nicht biegsam ist. Vorteilhafterweise wird der Leiterträger so angeordnet, dass er in einer horizontalen Ebene, parallel zur Spielfeldoberfläche flexibel ist.

[0104] Falls eine Abweichung in der Position und Ausrichtung zumindest eines Leiter festgestellt wird, so kann in einer bevorzugten Ausführungsform die Position und Ausrichtung zumindest eines Leiters durch die Variation des Abstandes zwischen Leiterträger und einer starren Trägerleiste durch beispielsweise Verdrehen von zumindest einer im Gewindeeingriff mit Leiterträger und/oder Trägerleiste stehenden Schraube bewerkstelligt werden. Auch sind ähnliche Mittel denkbar, welche die gleiche Funktion wie eine solche Verschraubung aufweisen, beispielsweise eine Rastverbindung.

[0105] Dabei ist es denkbar, dass Leiterträger oder Trägerleiste ein Gewinde aufweisen, wobei das jeweils andere Bauteil keine axiale Verschiebung der Schraube beim Drehen dieser zulässt. So wird beim Verdrehen der Schraube der Leiterträger von der Trägerleiste entfernt oder beim gegenläufigen Verdrehen angenähert. Auf diese Weise lässt sich die Höhe eines jeden Leiters exakt einstellen und ausrichten.

[0106] Weiterhin kann nach dem erfolgten Ausrichten der Leiter eine oder jede Nut durch Erdreich oder ein anderes Material, beispielsweise ein verfestigbares Material aufgefüllt werden und dadurch die Leiter in den Nuten in ihrer exakt parallelen und auf gleicher Höhe verlaufenden Ausrichtung fixiert werden.

[0107] Anschließend ist es denkbar, dass die Trägerleiste durch Lösen der Verbindung zwischen Trägerleiste und Leiterträger, etwa durch Ausschrauben der Schrauben aus den Gewindeeingriffen an Leiterträger oder Trägerleiste gelöst wird. So kann die sich zumindest teilweise oberhalb der Spielfeldoberfläche erstreckende Trägerleiste entfernt werden und die verbleibenden Bauteile verbleiben gänzlich unter der Spielfeldoberfläche und stellen somit kein Hindernis auf dem Spielfeld dar.

[0108] In einer bevorzugten Ausführungsform werden dabei für zwei zu verlegende Leiter jeweils zwei Leiterträger mit zwei korrespondierenden starren Trägerleisten verbunden. Dabei werden die zwei starren Trägerleisten wiederum untereinander verbunden, sodass sich daraus eine einzige Vorrichtung ergibt. Das Einbringen beider Leiter erfolgt dabei also durch eine einzige Vorrichtung. Dabei kann an der Ausrichtung dieser Vorrichtung auf die Ausrichtung und Position der einzelnen Leiter geschlossen werden.

[0109] Ferner können, falls einzelne Leiterstücke verlegt werden, diese elektrisch leitend verbunden werden, sodass letztendlich zwei parallele Leiter unterhalb der Spielfeldoberfläche erzeugt werden.

[0110] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Verlegen von zwei parallelen und sich auf gleicher Höhe erstreckenden Leitern kann dabei zwei Leiterträger umfassen, die jeweils in einer Ebene flexibel sind und an denen je ein Leiter angeordnet ist. Weiterhin können die Vorrichtungen zwei starre Tragleisten umfassen, die an mindestens einem Punkt mit einem entsprechenden Leiterträger in einem variablen Abstand verbunden sind. Der Abstand kann dabei durch eine Schraubverbindung variiert werden und die Verbindung durch diese Schraubverbindung letztendlich auch gelöst werden. Es ist jedoch auch denkbar, eine Vielzahl solcher Schraubverbindungen bereitzustellen, beispielsweise wenn längere Strecken von Leitern verlegt werden sollen. Dabei kann die Vorrichtung zumindest ein Mittel umfassen, an welchem die Position und Ausrichtung der einzelnen Leiter zueinander bestimmt werden kann. Dies kann beispielsweise eine Wasserwaage sein oder ein vergleichbares Mittel, beispielsweise eine elektronische Messvorrichtung.

[0111] Die Veränderung des Abstandes zwischen einer Tragleiste mit einem Leiter und der zugehörigen Tragleiste kann durch eine Verbindung dieser in einem Punkt variiert werden. Beispielsweise kann dazu eine Schraubverbindung dienen, wobei entweder Tragleiste oder Leiterträger mit einem Gewinde versehen sind und das jeweils andere korrespondierende Bauteil eine axiale Verschiebung bei Drehung der Schraube nicht zulässt. Es sind jedoch weitere Form oder Reibschlüssige Mittel denkbar, die eine Variation des Abstandes des Leiters bzw. des Leiterträgers zu der Tragleiste ermöglicht. Denkbar ist dabei beispielsweise eine Rastverbindung.

[0112] Die Erfindung wird anhand der beiliegenden Figuren näher erläutert. Sie kann dabei darin beschriebene Merkmale einzeln sowie in jedweder sinnvollen Kombination umfassen. Dabei zeigen

- [0113] **Fig. 14:** Eine horizontale Schnittansicht der erfindungsgemäßen Vorrichtung in Richtung der Leiter.
- [0114] **Fig. 15:** Eine horizontale Seitenansicht der erfindungsgemäßen Vorrichtung quer zur Richtung der Leiter.
- [0115] In **Fig. 14** ist ersichtlich, dass auf jedem Leiterträger **4** ein Leiter **1** aufliegt und mit diesem anhand der miteinander verbundenen Tragleisten **5** in je eine Nut **3** unterhalb der Spielfeldoberfläche **2** eingebracht werden kann.
- [0116] Dabei kann die Ausrichtung und Position der Leiterträger **4** mit den Leitern **1** einzeln sowie zueinander durch mehrere Schraubverbindungen **6** variiert werden. Nachdem die Ausrichtung und Position der Leiter **1** dem gewünschten Ergebnis entsprechende, können die Nuten **3** durch ein geeignetes Material aufgefüllt werden, was die Leiterträger **4** mit den Leitern **1** letztendlich in den Nuten **3** fixiert. Falls die Nuten keine nennenswerte Anschließung quer zur Leiterrichtung aufweisen, so können die Leiter auch durch die Wendungen der Nuten geklemmt werden. Ein Auffüllen der Nuten wäre somit nicht nötig.
- [0117] Anschließend können dabei die Schraubverbindungen **6** gelöst werden, was ein Lösen der Tragleisten **5** von den jeweiligen Leiterträgern **4** bewirkt. Die Tragleisten **5** können daraufhin abgenommen werden, wobei lediglich Leiterträger **4** mit den Leitern **1** unterhalb der Spielfeldoberfläche **2** zurückbleiben.
- [0118] Die Ausrichtung der Leiter **1** bzw. der Leiterträger **4** kann dabei an einer Wasserwaage **7a** abgelesen werden.
- [0119] **Fig. 15** zeigt eine Seitenansicht der erfindungsgemäßen Vorrichtung, wobei eine zusätzliche Ausrichtung in Längsrichtung der Leiter **1** durch eine weitere Wasserwaage **7b** abgelesen werden kann.
- [0120] Ein weiterer fünfter Aspekt der Erfindung betrifft eine Positionserfassungs-Vorrichtung zum Bestimmen der relativen Position eines beweglichen Objektes zu einem ortsfesten Objekt. Im Speziellen wird mit dieser Vorrichtung die relative Position eines Fußballes zu einem Spielfeldtor bestimmt.
- [0121] Bei einem Fußballspiel versucht jede der zwei gegeneinander antretenden Fußballmannschaften den Ball in den durch ein gegnerisches Tor definierten Bereich zu bringen. Dabei wird ein Tor wie folgt definiert: Der Ball muss mit dem ganzen Umfang die Torlinie innerhalb des Tores überschreiten. Dies bedeutet, dass der Ball vor dem Durchschreiten der zwischen den Hinterkanten der Torpfosten gebildeten Ebene mit seinem gesamten Umfang auf der torinnenliegenden Seite dieser Ebene sein muss. Diesen Sachverhalt durch das bloße Auge zu erkennen, ist äußerst schwer, wie das populäre „Wembley-Tor“ zeigt.
- [0122] Es ist die Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung bereitzustellen, mit der unzweifelhaft festgestellt werden kann, ob ein Tor erzielt wurde.
- [0123] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung gemäß dem Patentanspruch 47 gelöst. Die Unteransprüche definieren dabei bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung.
- [0124] Da insbesondere der Bereich um einen Torpfosten von Interesse ist, weist die Erfindung mindestens zwei Felderzeugungseinrichtungen auf, die jeweils ein Feld erzeugen, deren Stärke dem Raum durch einen Sensor gemessen werden kann. Befindet sich beispielsweise der Sensor in einem Ball, so lässt sich anhand der gemessenen Feldstärke der einzelnen Felder die Sensorposition und somit auch die Ballposition relativ zu den einzelnen Felderzeugungseinrichtungen bestimmen.
- [0125] Sind diese Felderzeugungseinrichtungen ortsfest gegenüber einem Torpfosten angeordnet, so lässt sich daraus ebenfalls die Position des Spielballes relativ zu dem Torpfosten bestimmen. Es lässt sich somit insbesondere mit Gewissheit sagen, ob der Ball bei einem Torschuss links oder rechts an dem Torpfosten vorbeigeschossen wurde und somit ein Tor erzielt, beziehungsweise nicht erzielt wurde.
- [0126] In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Felderzeugungseinrichtungen Magnetfeldspulen, die in einem dem Spielfeld abgewandten Bereich des Torpfostens, also „hinter“ dem Torpfosten angeordnet sind. Dabei kann jeweils eine Magnetfeldspule links und rechts hinter dem Torpfosten angeordnet sein, so dass der Bereich um das eigentliche Tor von den Magnetfeldspulen frei bleibt und somit keine Spieler behindert werden. Dabei ist es denkbar, dass die Magnetfeldspulen zum Torpfosten den gleichen Abstand aufweisen, so dass diese „symmetrische“ Anordnung eine genaue Positionsbestimmung des Balles zulässt.

[0127] Ferner ist es denkbar, dass sich die Spulenachsen, mit anderen Worten die Rotationsachsen der Magnetfeldspulen, parallel zum Torpfosten erstrecken und auch den gleichen Abstand zu einer Torlinie im Bereich des Torpfostens aufweisen. Dadurch wird erreicht, dass bei einer senkrechten Frontansicht auf den Torpfosten vom Spielfeld aus gesehen hinter dem Torpfosten jeweils links und rechts zwei exakt gleiche Magnetfelder in symmetrischer Anordnung erzeugt werden.

[0128] Der Spulenquerschnitt muss nicht zwingend rotationssymmetrisch sein, sondern kann auch andere Querschnittsformen, insbesondere eine rechteckige Form aufweisen. Die Windungszahl der Spule ist beliebig, kann also bis zu einer Windung ($N = 1$) reduziert werden. Wichtig ist nur, dass links und rechts vom Torpfosten Magnetfelder erzeugt werden, die symmetrisch zueinander sind, da für die Positionserkennung im Bereich des Torpfostens ein Größenvergleich der Feldstärken durch den Sensor im Ball erfolgt.

[0129] Dabei ist es weiterhin denkbar, dass sich die Magnetfeldspulen in ihrer Höhe über das obere Ende des Torpfostens hinaus erstrecken.

[0130] Die Erfindung betrifft des Weiteren ein Spielfeldtor, bei dem an beiden Torpfosten jeweils eine erfindungsgemäße Positionserfassungs-Vorrichtung angeordnet ist. So lässt sich auch bestimmen, ob der Ball nun zwischen die beiden Torpfosten geschossen wurde, oder links oder recht vorbei am Tor.

[0131] Da die Magnetfeldstärke nach Außen hin relativ schnell abnimmt, beeinflussen sich die Magnetfelder der beiden hinter den zwei Torpfosten angeordneten Positionserfassungs-Vorrichtungen untereinander nicht. So ist es denkbar, dass beispielsweise die „außen“ liegenden Spulen, also die links und rechts neben dem Tor angeordneten, zusammen geschaltet werden. Gleiches gilt für die „innen“ liegenden Magnetfeldspulen. Da der Sensor die einzelnen Magnetfelder durch bestimmte Charakteristika der einzelnen Magnetfelder, beispielsweise zeitliche Verläufe, unterscheidet, kann bei zusammen geschalteter Anordnung der Magnetspulen zwar nicht festgestellt werden, ob der Ball links oder rechts am Tor vorbeigeschossen wurde, jedoch ist es ausreichend, wenn gesagt werden kann, ob der Ball links oder rechts am Tor vorbei oder zwischen die Pfosten in das Tor geschossen wurde.

[0132] Die Erfindung wird anhand der beiliegenden Figuren näher erläutert. Sie kann dabei die hierin beschriebenen Merkmale einzeln sowie in jedweder sinnvollen Kombination umfassen. Es zeigen:

[0133] Fig. 16: Perspektivische Ansicht eines Spielfeldtores mit hinter dem linken Torpfosten angeordneten Magnetfeldspulen gemäß der Erfindung

[0134] Fig. 17: Senkrechte Frontansicht auf einen Spielfeldpfosten mit dahinter angeordneten erfindungsgemäßen Magnetfeldspulen

[0135] Fig. 18: Schematisches Bild einer Spulenschaltung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform

[0136] Fig. 19a: Draufsicht auf den Torbereich eines Spielfeldes wobei die Spulen parallel zur Torlinie ausgerichtet sind

[0137] Fig. 19b: Draufsicht auf den Torbereich eines Spielfeldes wobei die Spulen senkrecht zur Torlinie ausgerichtet sind

[0138] Fig. 20: Frontalansicht auf ein rechteckiges Spulenpaar links und rechts der Ebene, in der gleiche Feldstärke der Felder vorherrscht

[0139] In Fig. 16 ist ein Spielfeldtor **1** zu sehen, dass auf einer Torlinie **3** angeordnet ist. Dabei sind beispielhaft hinter dem linken Torpfosten **5** jeweils links und rechts hinter dem Torpfosten **5** Magnetfeldspulen **2a** und **2b** angeordnet, diese sind dabei symmetrisch hinter dem Torpfosten **5** angeordnet, sie weisen also den gleichen Abstand zum Torpfosten **5** auf und den gleichen Abstand zu der Torlinie **3**. Des Weiteren erstrecken sich die Magnetfeldspulen parallel zum Torpfosten **5**. In der gezeigten Ausführungsform haben die Magnetfeldspulen dabei einen Durchmesser von etwa 1,5 mm und sind dabei in Glasfasermaterial eingelassen. Der Abstand zwischen den Magnetfeldspulen **2a** und **2b** beträgt dabei etwa 70 cm bis 1 m und der Abstand der Magnetfeldspulen zu der Torlinie beträgt dabei 1,5 bis 2 m.

[0140] Fig. 17 zeigt in einer frontalen senkrechten Ansicht auf den Torpfosten **5** und die dem Torpfosten **5** zugeordneten Magnetfeldspulen **2a** und **2b**, die hinter dem Torpfosten **5** angeordnet sind. Zu sehen ist insbeson-

dere, dass sich diese Magnetfeldspulen **2a** und **2b** über die eigentliche Torhöhe hinaus erstrecken, so dass über die gesamte Pfostenlänge ein Magnetfeld beziehungsweise Magnetfelder erzeugt werden, die eine genaue Positionsbestimmung des Balles über die gesamte Torhöhe erlauben.

[0141] Fig. 18 zeigt schematisch die Torpfosten **2a**, **2b**, **2c** und **2d**. Dabei sind die Magnetspulen **2a** und **2d** in Serie geschaltet, wobei die Magnetfeldspulen **2b** und **2c** ebenfalls in Serie geschaltet sind. Eine solche Schaltung lässt die Aussage zu, ob der Ball links oder rechts am Tor vorbeigeschossen oder zwischen die Torpfosten geschossen wurde und ist somit zur Entscheidung ausreichend, ob ein Tor erzielt wurde oder nicht. Möglich ist diese Schaltung, da die Magnetfelder der Spulen **2a** und **2b** nicht durch die Magnetfelder der Spulen **2c** und **2d** beeinflusst werden und umgekehrt.

[0142] Aus den Fig. 19a und Fig. 19b ist ersichtlich, dass die Anordnung der Spulenpaare **2a** und **2b** hinter dem ihnen zugeordneten Pfosten **5** für die vorliegende Erfindung keine Rolle spielt. Wichtig ist lediglich, dass die Feldstärken die von den Spulen **2a** und **2b** erzeugten Magnetfelder in der Ebene **6** die gleiche Feldstärke aufweisen. So ist eine Positionsbestimmung durch den Sensor im Ball durch Größenvergleich der Magnetfeldstärken der beiden Magnetfelder möglich. Misst der Sensor im Ball beim Feld der Spule **2a** eine größere Feldstärke als beim Feld der Spule **2b**, so lässt dies darauf schließen, dass sich der Ball näher an der Spule **2a** befindet, also linksseitig der Ebene **6**. Ist das Feld der Spule **2b** größer, so befindet sich der Ball rechtsseitig der Ebene **6**. Ist die gemessene Feldstärke beider Felder gleich groß, so lässt dies darauf schließen, dass sich der Ball auf der Ebene **6** befindet.

[0143] In Fig. 20 sind zwei rechteckige Spulen **2a** und **2b** zu sehen, die symmetrisch zum Torpfosten angeordnet sind. Zwischen den Spulen **2a** und **2b** ist dabei eine Ebene **6** ausgebildet, bei der exakt gleiche Feldstärke der von den Spulen **2a** und **2b** erzeugten Magnetfelder vorherrscht. Typischerweise können die Spulen dabei eine Höhe von 2 m und eine Breite von 0,5 m aufweisen und 1,5 m hinter dem Tor angeordnet sein. Da ein Fußball einen Durchmesser von 22 cm aufweist und ein Torpfosten typischerweise einen Durchmesser einen 10 cm aufweist, beträgt der minimal mögliche Unterschied zwischen einem Torschuss am Tor vorbei und in das Tor etwa 32 cm, da der Magnetfeldsensor im Ball typischerweise im Zentrum des Balles angeordnet ist.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 2005/0270156 A1 **[0003]**

Patentansprüche

1. Verfahren zur Auswertung von magnetischen Feldern oder Signalen zur Verwendung bei der Positionsbestimmung eines Objektes, wobei zwei zeitlich zueinander versetzte magnetische Signale oder Felder von zwei zumindest zum Teil oder vollständig voneinander getrennt angeordneten Leitern erzeugt werden, die von den Leitern nacheinander erzeugten Magnetfelder von mindestens einem und vorzugsweise drei bevorzugt orthogonal zueinander angeordneten Sensoren erfasst werden und aus den erfassten Signalen eine Information zur Positionsbestimmung des die Sensoren tragenden Objektes relativ zu den Leitern ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Signal (W_i) oder die magnetische Feldstärke in periodischen Abständen gemessen wird und die Differenz der Signalstärke zwischen den aufeinander folgenden Messungen ($W_i - W_{i+1}$) ermittelt wird, wobei der Absolutbetrag dieser Differenz mit einem Schwellwert verglichen wird, um festzustellen, ob ein aktiviertes externes Wechselfeld vorliegt und die Auswertung oder Messung aktiviert oder getriggert werden soll.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei als Triggersignal derjenige Messwert verwendet wird, welcher größer als ein vorgegebener Trigger-Schwellwert ist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das von dem mindestens einen Sensor erfasste Signal oder Feld vorzugsweise nach Umwandlung in eine elektrische Spannung gefiltert wird, um eine vorgegebene Frequenz aus dem Signal herauszufiltern.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei pro Raumrichtung $N + 1$ Messungen durchgeführt werden, wobei N ungerade ist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei aus den Messwerten W_i nach der Aktivierung eine Amplitude $A1$ errechnet wird nach der Formel $A1 = \text{Summe}(\text{ABS}(W_i - W_{(i+1)}))_{1..N}/N$

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei aus den Messwerten W_i nach der Aktivierung eine Amplitude $A2$ errechnet wird nach der Formel $A2 = \text{MAX}(W_i)_{1..N} - \text{MIN}(W_i)_{1..N}$

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei aus den Messwerten W_i nach der Aktivierung eine Amplitude $A3$ errechnet wird nach der Formel $A3 = \text{ABS}(\text{MAX}(W_i - W_{(i+1)}))_{1..N}) + \text{ABS}(\text{MIN}(W_i - W_{(i+1)}))_{1..N})$

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Kombination der Amplitudenwerte $A1$, $A2$ und/oder $A3$ als AMP verwendet wird, um die Position des Objektes relativ zu den Leitern zu bestimmen, wobei $\text{AMP} = (\text{Faktor1} \cdot A1) + (\text{Faktor2} \cdot A2) + (\text{Faktor3} \cdot A3)$

10. Verfahren dem vorhergehenden Anspruch, wobei mindestens einer der Amplitudenwerte AMP1 und AMP2 verwendet wird, um die Position des Objektes zu ermitteln, wobei:

$$\text{AMP1} = (\text{Faktor1} \cdot A1) + (\text{Faktor3} \cdot A3);$$

$$\text{AMP2} = (\text{Faktor2} \cdot A2) + (\text{Faktor3} \cdot A3).$$

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei einer der Amplitudenwerte $A1$, $A2$, $A3$, AMP, AMP1 und AMP2 eines ersten Leiters mit einem anderen bevorzugt zeitlich versetzten Amplitudenwert $A1$, $A2$, $A3$, AMP, AMP1 und AMP2 eines weiteren Leiters verglichen wird, um zu bestimmen, ob das Objekt oder der in dem Objekt enthaltene Sensor näher an dem ersten Leiter oder näher an dem zweiten Leiter liegt.

12. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit mindestens einem Sensor, bevorzugt drei orthogonal zueinander stehenden Sensoren, welche vorzugsweise ein Magnetfeld messen können und als Hall-Sensoren oder mittels magnetoresistiven Elementen oder als Spulen ausgebildet sind und welche zusammen mit einer Auswerteelektronik und einem Sender in einem Sportgerät oder Ball vorzugsweise zentriert darin integriert sind, um zu ermitteln, ob der Ball näher an einem ersten oder näher an einem zweiten Leiter liegt, von welchen zeitlich zueinander versetzt Signale oder Magnetfelder erzeugt werden.

13. Elektrischer Leiter (2) zum Erzeugen eines magnetischen Feldes (6), insbesondere auf einem Spielfeld

(1), wobei der Leiter (2) mit einer Stromquelle (3) verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine der Verbindung mit der Stromquelle (3) abgewandte Ende des Leiters (2) mit einer Erdungsvorrichtung (4) elektrisch verbunden ist.

14. Elektrischer Leiter nach Anspruch 4, wobei der Leiter (2) über seine Erstreckung gegenüber seiner Umgebung elektrisch isoliert ist.

15. Elektrischer Leiter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Leiter (2) im Erdreich, insbesondere unter der Spielfeldoberfläche (7) angeordnet ist.

16. Elektrischer Leiter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Leiter (2) flexibel ist.

17. Elektrischer Leiter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Erdungsvorrichtung (4) mindestens eine sich unter die Spielfeldoberfläche (7) erstreckende Anformung, insbesondere Erdanker umfasst.

18. Anordnung mit mindestens zwei elektrischen Leitern (2), wobei mindestens ein Leiter (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausgebildet ist, und wobei die Leiter (2) parallel zueinander, insbesondere sich horizontal erstreckend angeordnet sind.

19. Anordnung mit zwei elektrischen Leitern (2), wobei beide Leiter (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausgebildet sind, und wobei beide Leiter (2) parallel zueinander, insbesondere sich horizontal erstreckend angeordnet sind.

20. Anordnung mit mindestens zwei elektrischen Leitern (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Leiter (2) auf gleicher Höhe angeordnet sind.

21. Anordnung mit mindestens zwei elektrischen Leitern (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei auf dem Spielfeld (1) auf jeder Seite zumindest einer Markierungslinie (5) in gleichem horizontalem Abstand zu dieser zumindest ein Leiter (2) angeordnet ist.

22. Anordnung mit mindestens zwei elektrischen Leitern (2) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei sich die Leiter (2) über die Länge der Markierungslinie (5) hinaus erstrecken.

23. Markierungslinie, insbesondere eines Fußballfelds, wobei an jeder Seite der Markierungslinie (5) ein elektrischer Leiter (2) nach den Ansprüchen 13 bis 17 angeordnet ist und wobei die Leiter (2) den gleichen horizontalen Abstand zu der Markierungslinie (5) haben und sich horizontal und auf gleicher Höhe parallel, insbesondere über die Länge der Markierungslinie (5) hinaus erstrecken.

24. Torlinie, insbesondere eines Fußballfelds (1), wobei an jeder Seite der Torlinie ein elektrischer Leiter (2) nach den Ansprüchen 13 bis 17 angeordnet ist und wobei die Leiter (2) den gleichen horizontalen Abstand zu der Torlinie haben und sich horizontal und auf gleicher Höhe parallel, insbesondere über die Länge der Torlinie hinaus erstrecken.

25. Fußballfeld mit mehreren Markierungslinien (5), wobei an zumindest einem Abschnitt zumindest einer Markierungslinie (5) auf jeder Seite der Markierungslinie (5) ein elektrischer Leiter (2) nach den Ansprüchen 13 bis 17 angeordnet ist und wobei die Leiter (2) den gleichen horizontalen Abstand zu der Markierungslinie (5) haben und sich horizontal und auf gleicher Höhe parallel, insbesondere über die Länge der entsprechenden Markierungslinie (5) hinaus erstrecken.

26. Fußballfeld mit zumindest einer Torlinie, wobei an zumindest einer Torlinie auf jeder Seite der Torlinie ein elektrischer Leiter (2) nach den Ansprüchen 13 bis 17 angeordnet ist und wobei die Leiter den gleichen horizontalen Abstand zu der Torlinie haben und sich horizontal und auf gleicher Höhe parallel, insbesondere über die Länge der Torlinie hinaus erstrecken.

27. Anordnung gemäß einem der Ansprüche 18 bis 20, 22 wobei die Leiter (2) zur Markierungslinie einen unterschiedlichen Abstand haben, insbesondere beide Leiter jeweils horizontal zur Markierungslinie versetzt sind.

28. Spielfeldtor mit zwei Pfosten (5) und einer Querlatte (4), wobei Pfosten (5) und Querlatte (4) im Wesentlichen aus einem elektrisch leitfähigen Material bestehen und die Pfosten (4) sich im Wesentlichen zumin-

dest bis zur Spielfeldoberfläche (3) erstrecken, dadurch gekennzeichnet, dass eine zumindest einen Teil des Spielfeldtores (1) umfassende Leiterschleife durch zumindest ein elektrisch nicht leitendes Element (2) unterbrochen wird.

29. Spielfeldtor nach Anspruch 28, wobei die Leiterschleife die Pfosten (5), die Querlatte (4) und zumindest einen zwischen den Pfosten (5) angeordneten Teil des Spielfelds umfasst, insbesondere aus diesen gebildet wird.

30. Spielfeldtor nach Anspruch 28 oder 29, wobei das zumindest eine, nicht leitende Element (2) Teil des Spielfeldtores (1) ist, insbesondere ein zwischen einem Pfosten (5) und der Querlatte (4) angeordnetes Verbindungselement oder ein einen Pfosten (5) oder die Querlatte (4) teilendes Element ist.

31. Spielfeldtor nach Anspruch 28 oder 29, wobei das zumindest eine, nicht leitende Element (2) Teil des Spielfelds (3) ist, das insbesondere in einem an zumindest einen Pfosten (5) anliegenden Bereich des Spielfelds (3) angeordnet ist und im Speziellen eine Pfostenaufnahme ist.

32. Spielfeldtor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das zumindest eine nicht leitende Element (2) einen Kunststoff oder einen Faserverbundwerkstoff, insbesondere einen Glasfaserwerkstoff umfasst.

33. Spielfeldtor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Tor (1) im Bereich der Leiterschleife zum Teil, im Speziellen überwiegend, aus zumindest einem leitenden Material, insbesondere Aluminium, und zumindest einem nicht leitenden Material, insbesondere Kunststoff besteht.

34. Spielfeldtor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das zumindest eine nicht leitende Element (2) zumindest den Bereich eines Pfostens (5) umgibt, der unterhalb der Spielfeldoberfläche (3) angeordnet ist und insbesondere eine nicht leitende Umhüllung, Ummantelung, Beschichtung oder Lackierung ist.

35. Verfahren zum Verlegen von zwei parallelen Leitern (1) zum Erzeugen von magnetischen Feldern, insbesondere unter einer Spielfeldoberfläche (2), mit den folgenden Schritten:

- Erzeugen von zumindest einer Nut (3) im Bereich der Spielfeldoberfläche (2), insbesondere Rasenoberfläche,
- Verbringen der Leiter (1) in die Nut (3) unter die Spielfeldoberfläche (2),
- Bestimmen der Positionen und Ausrichtungen der Leiter (1) zueinander, so dass diese sich parallel zueinander und auf gleicher Höhe erstrecken,
- Variieren der Positionen und Ausrichtungen zumindest eines Leiters (4), so dass sich der Leiter (1) parallel zum anderen Leiter (1) und auf gleicher Höhe erstreckt.

36. Verfahren nach Anspruch 35, wobei die Nut (3) durch eine rotierende Frässscheibe erzeugt wird, die insbesondere auf einem fahrbaren Oberwagen angeordnet ist.

37. Verfahren nach Anspruch 35, wobei die Nut (3) durch ein sich in einer Ebene erstreckendes Werkzeug erzeugt wird und wobei das Werkzeug in der Ebene translatorisch senkrecht zu der Spielfeldoberfläche (2) bewegt wird, so dass am Ende der Bewegung eine Kante des Werkzeugs unterhalb der Spielfeldoberfläche (2) angeordnet ist.

38. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zumindest ein Leiter (1) an einem in einer Ebene flexiblen Leiterträger (4) aus einem elektrisch nicht leitenden Material, insbesondere aus Kunststoff, angeordnet wird.

39. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Variation der Position und Ausrichtung zumindest eines Leiters (1) durch die Variation des Abstandes zwischen Leiterträger (4) und einer starren Trägerleiste (5) durch Verdrehen von zumindest einer im Gewindeeingriff mit Leiterträger (4) und/oder Trägerleiste (5) stehenden Schraube (6) bewerkstelligt wird.

40. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Leitungsträgers (4) ferner durch Auffüllen der Nut (3) durch Erdreich oder eines anderen Materials im Bereich der Spielfeldoberfläche (2) fixiert wird.

41. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ferner der Leiterträger (4) von der Trägerleiste (4) durch Ausschrauben der zumindest einen Schraube (6) aus dem oder den Gewindeeingriffen an

Leiterträger (4) und Trägerleiste (5) gelöst wird.

42. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mehrere, insbesondere zwei, sich zu zwei Seiten einer Spielfeldlinie im gleichen Abstand parallel erstreckende Leiterstücke (1) verlegt werden und wobei das gemeinsame Lot auf die Längsachsen der Leiterstücke (1) horizontal verläuft.

43. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche zum Verlegen von zwei parallelen und sich auf gleicher Höhe erstreckenden Leiterstücken (1) zum Erzeugen von magnetischen Feldern, insbesondere unter einer Spielfeldoberfläche (2), mit den folgenden Schritten:

- Erzeugen von zwei Nuten (3) im Bereich der Spielfeldoberfläche (2), insbesondere Rasenoberfläche,
- Anbringen von zwei flexiblen Leiterstücken (1) an zwei in einer Ebene flexiblen Leiterträgern (4),
- Verbinden der Leiterträger (4) mit zwei starren Trägerleisten (5) an zumindest je zwei Punkten, wobei an zumindest je einem Punkt der Abstand eines Leiterträgers (4) zu einer entsprechenden Trägerleiste (5) variiert werden kann,
- Verbringen der Leiterträger (4) zusammen mit den Leitern (1) in die Nuten (3) unter die Spielfeldoberfläche (2),
- Bestimmen der Positionen und Ausrichtungen der Leiter (1) zueinander, so dass diese sich parallel zueinander und auf gleicher Höhe erstrecken,
- Variieren des Abstandes zumindest eines Leiterträgers (4) zur entsprechenden Trägerleiste (5) an zumindest einem Punkt, insbesondere so, dass sich das Leiterstück (1) parallel zum anderen Leiterstück (1) und auf gleicher Höhe erstreckt,
- Fixieren der Leiterträger (4) in den Nuten (3) unterhalb der Spielfeldoberfläche (2),
- Lösen der Verbindung zwischen den Leiterträgern (4) und den Trägerleisten (5),
- Entfernen der Trägerleisten (5),
- Herstellen eines elektrischen Kontakts zwischen mehreren verlegten entsprechenden Leiterstücken (2).

44. Vorrichtung zum Verlegen von zwei parallel und sich auf gleicher Höhe erstreckenden Leitern (1) zum Erzeugen von magnetischen Feldern, insbesondere unter einer Spielfeldoberfläche (2) mit:

- zwei in einer Ebene flexiblen Leiterträgern (4), an denen je ein Leiter (1) angeordnet ist,
- zwei starren Tragleisten (5), die jeweils an mindestens einem Punkt mit einem entsprechenden Leiterträger (4) in einem variablen Abstand, insbesondere durch eine Schraubverbindung (6) lösbar verbunden sind,
- zumindest ein Mittel (7), anhand dessen die Position und Ausrichtung der Leiter (1) bestimmt wird
- zumindest ein Mittel (6), anhand dessen der Abstand der Leiter (1) zu den Tragleisten (5) in zumindest einem Punkt variiert wird.

45. Vorrichtung nach Anspruch 44, wobei das zumindest eine Mittel (7), anhand dessen die Position und Ausrichtung der Leiter (1) bestimmt wird eine Wasserwaage oder ein ähnliches elektronisches Mittel ist.

46. Vorrichtung nach Anspruch 44, wobei das zumindest eine Mittel (6), anhand dessen der Abstand zumindest eines Leiters (1) zu den Tragleisten (5) in zumindest einem Punkt variiert wird, ein reib- oder form-schlüssiges Mittel, insbesondere eine Schraubverbindung ist.

47. Positionserfassungs-Vorrichtung zum Bestimmen der relativen Position eines beweglichen Objekts zu einem ortsfesten Objekt, mit mindestens zwei Felderzeugungseinrichtungen, die jeweils ein messbares Feld erzeugen.

48. Positionserfassungs-Vorrichtung nach Anspruch 47, wobei das bewegliche Objekt ein mobiles Sportgerät, insbesondere ein Fußball ist, und/oder das ortsfeste Objekt ein Zielobjekt eines Spielfeldes, insbesondere ein Torpfosten ist.

49. Positionserfassungs-Vorrichtung nach Anspruch 48, wobei in einem dem Spielfeld abgewandten Bereich des Torpfostens zu zwei Seiten des Torpfostens im gleichen Abstand je eine Felderzeugungseinrichtung, insbesondere je eine Magnetfeldspule angeordnet ist.

50. Positionserfassungs-Vorrichtung nach Anspruch 49, wobei die Magnetfeldspulen so angeordnet sind, dass sich ihre Spulenachsen parallel zum Torpfosten erstrecken und zu einer Torlinie im Bereich des Torpfostens einen gleichen Abstand haben.

51. Positionserfassungs-Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erzeugten Felder zu einer senkrecht auf eine Torlinie stehenden Ebene durch den Torpfosten symmetrisch sind.

52. Positionserfassungs-Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei sich die Felderzeugungseinrichtungen über das obere Ende des Torpfostens hinaus erstrecken, um über die gesamte Torpfostenhöhe ein gleichartiges Feld zu erzeugen.

53. Spielfeldtor mit zwei Torpfosten, wobei den Torpfosten je eine Positionserfassungs-Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche zugeordnet ist.

54. Spielfeldtor nach Anspruch 53, wobei die in einer Frontansicht des Tores außen angeordneten Felderzeugungseinrichtungen gemeinsam, insbesondere parallel angesteuert werden und/oder die in einer Frontansicht des Tores innen angeordneten Felderzeugungseinrichtungen gemeinsam, insbesondere parallel angesteuert werden.

55. Positionserfassungs-Verfahren bei dem anhand einer Positionserfassungs-Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Feldstärke komponentenweise in drei Raumrichtungen bei allen Messpunkten eines Multiplexzykluses gemessen wird.

56. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei Winkelmessungen zwischen den einzelnen gemessenen Feldern durchgeführt werden.

Es folgen 14 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

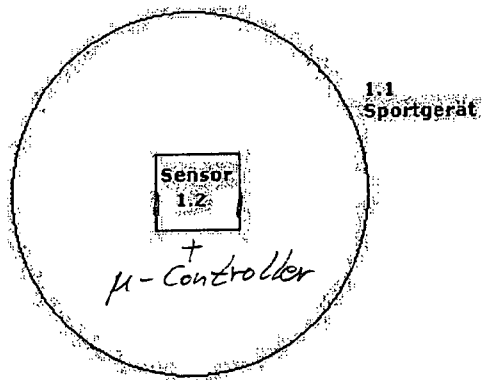


Fig. 1

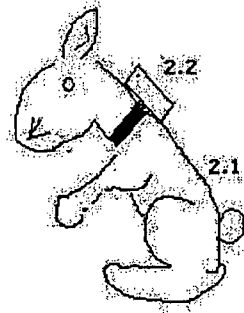


Fig. 2

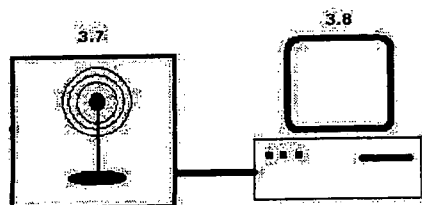
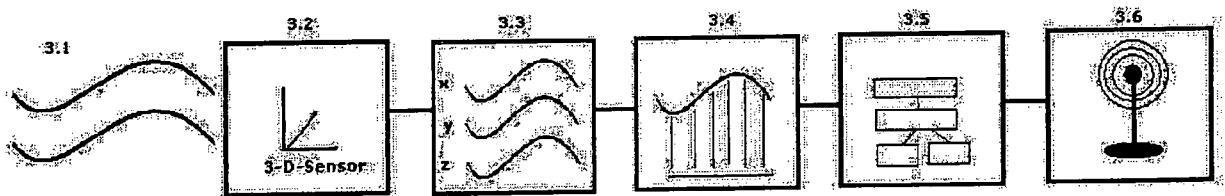


Fig. 3

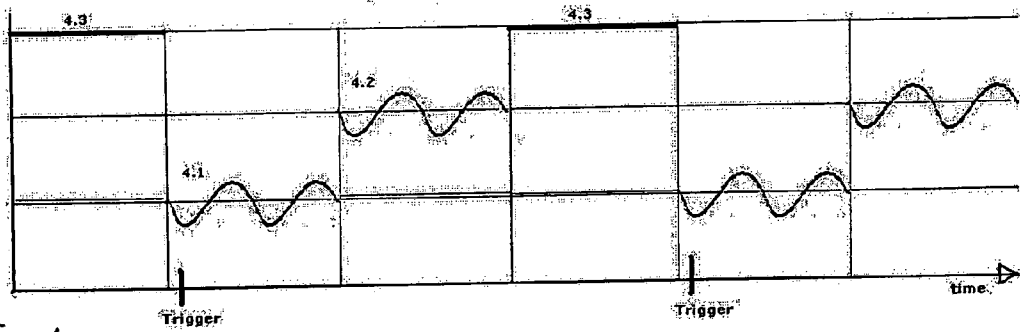


Fig. 4

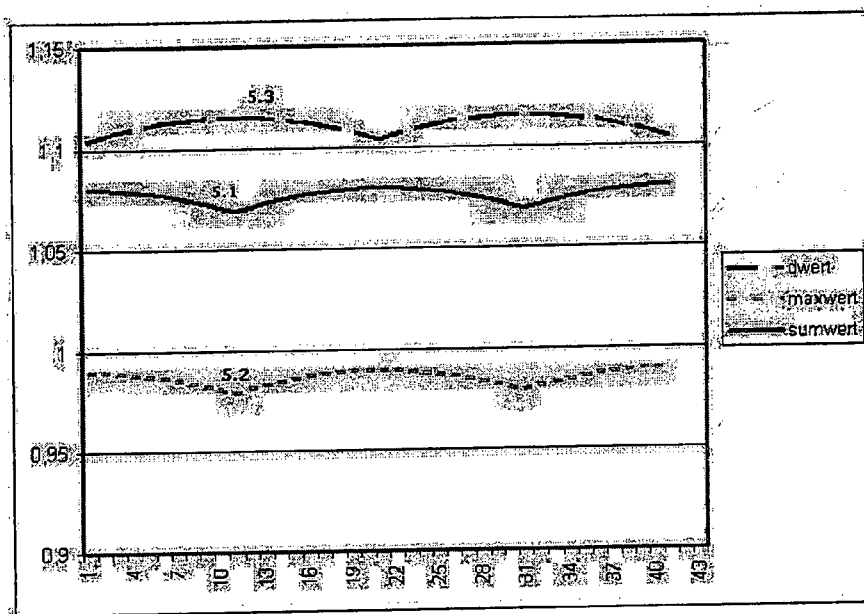


Fig. 5

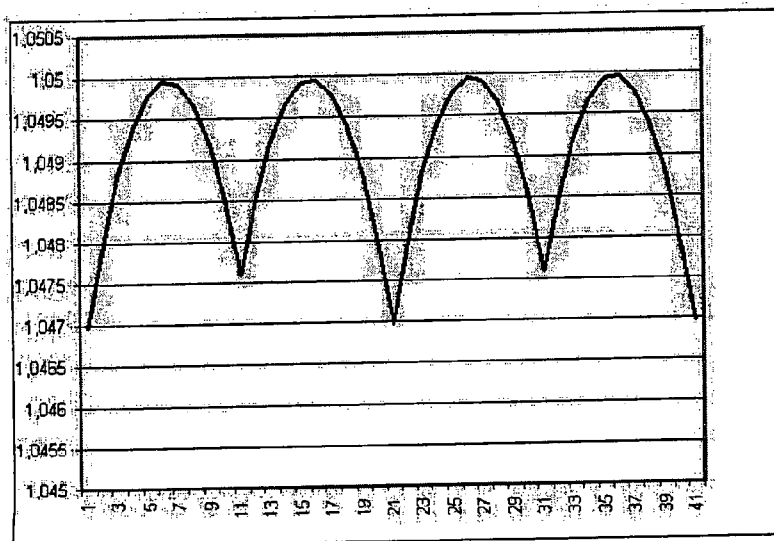


Fig. 6

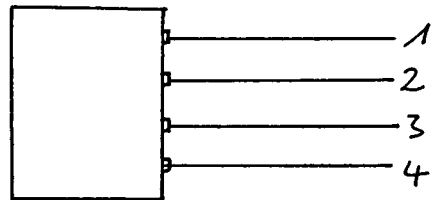


Fig. 7

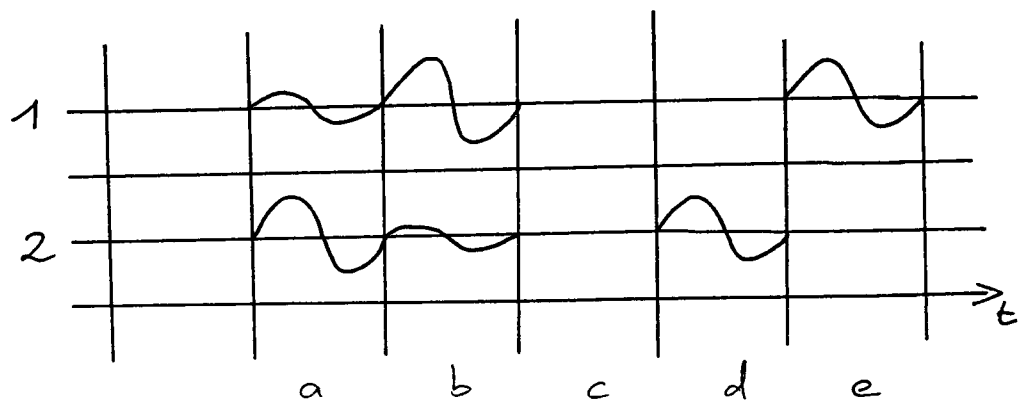


Fig. 8

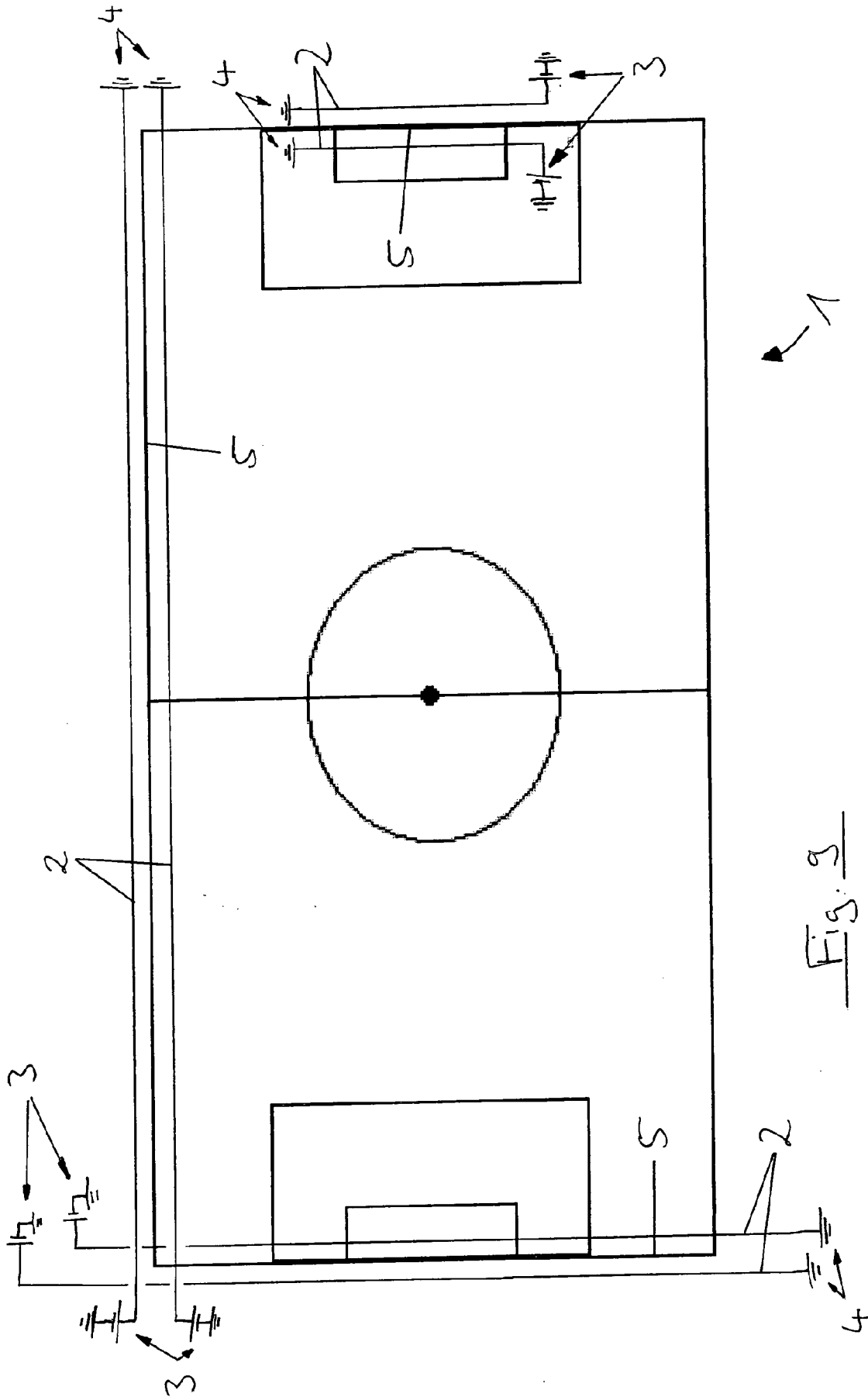


Fig. 9

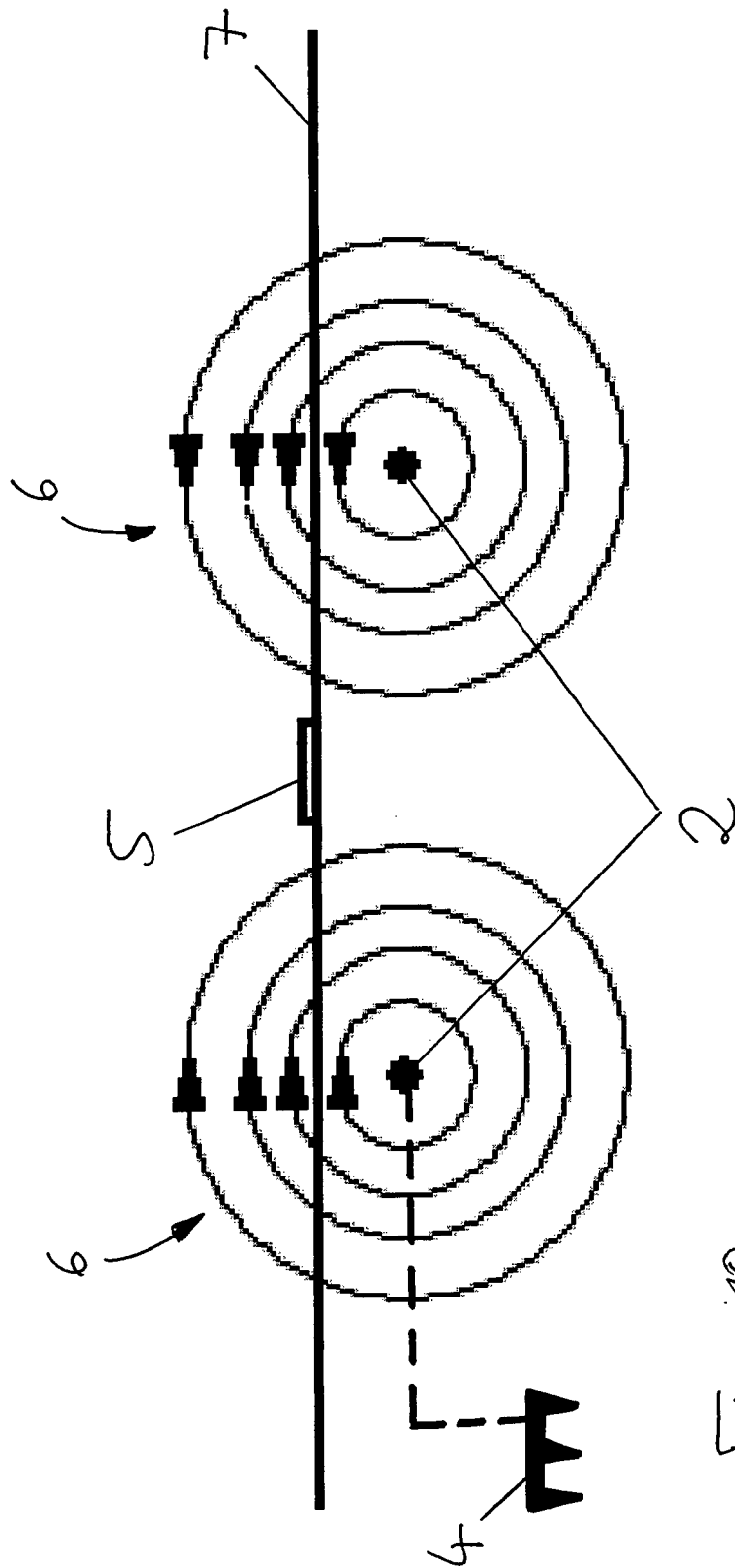
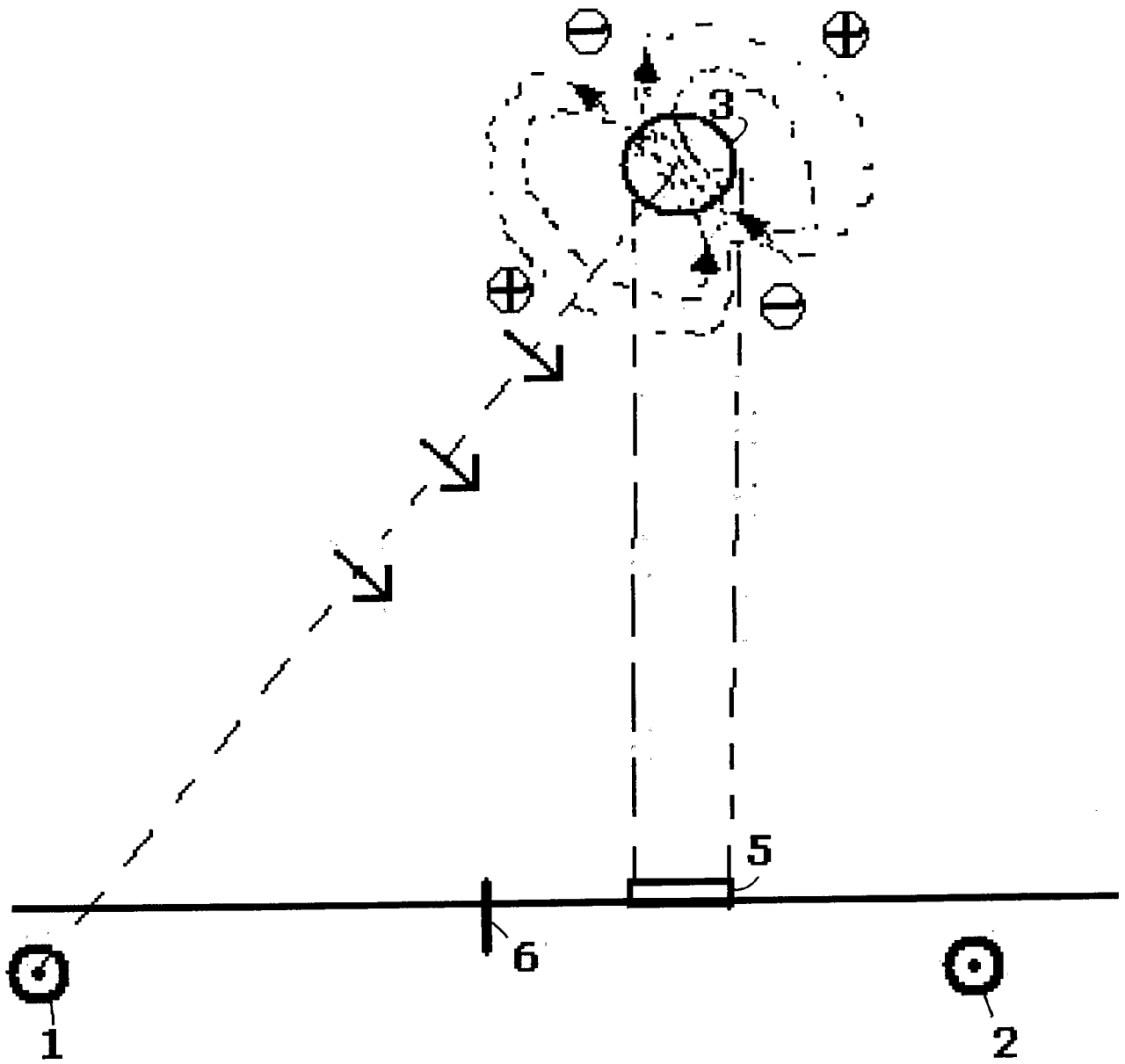
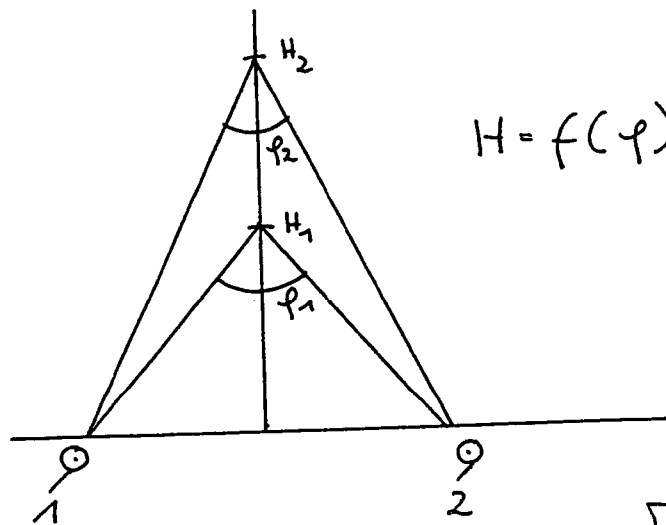


Fig. 10

Fig. 11





$$H = f(\varphi)$$

Fig. 12

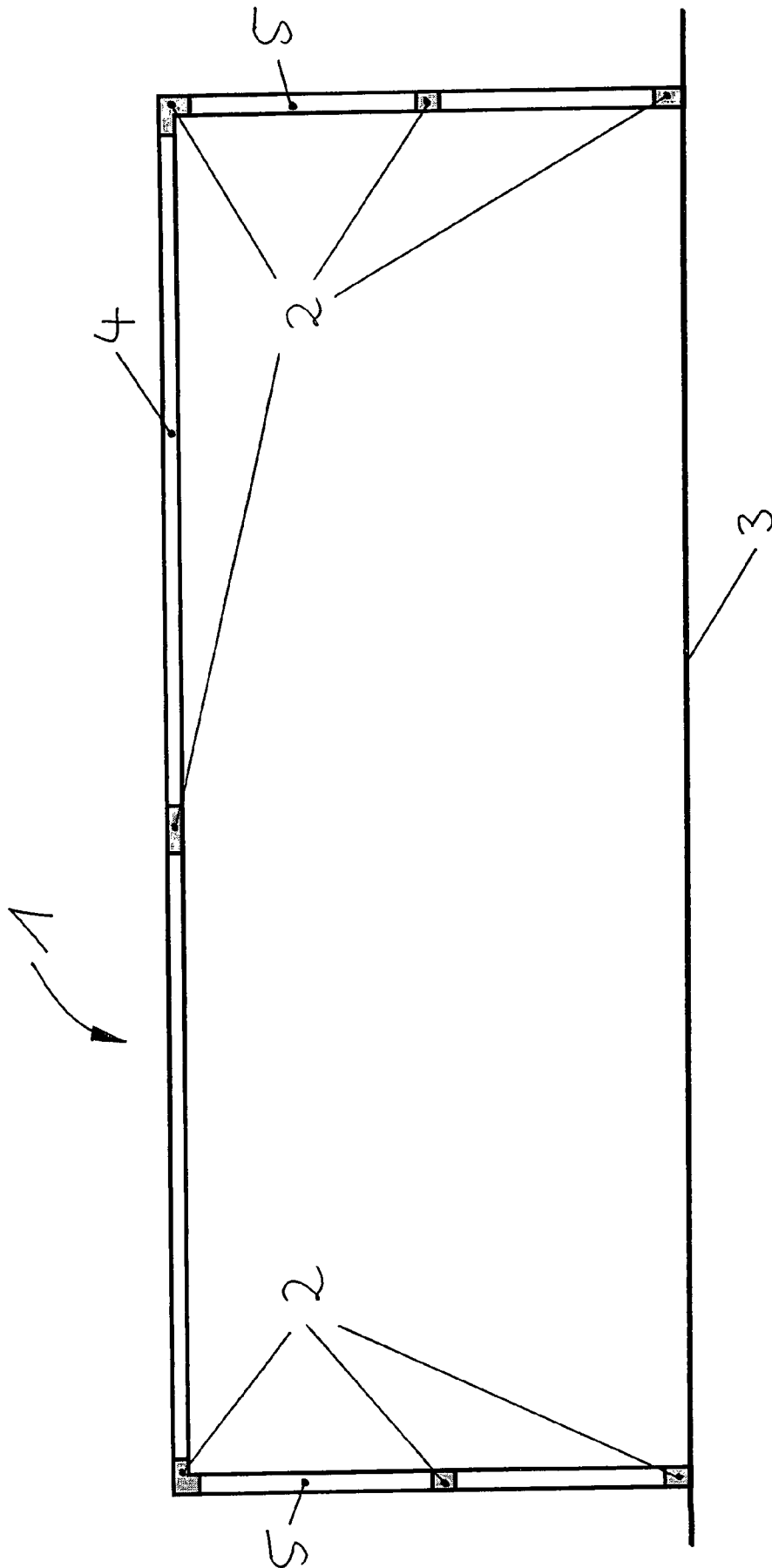


Fig. 13

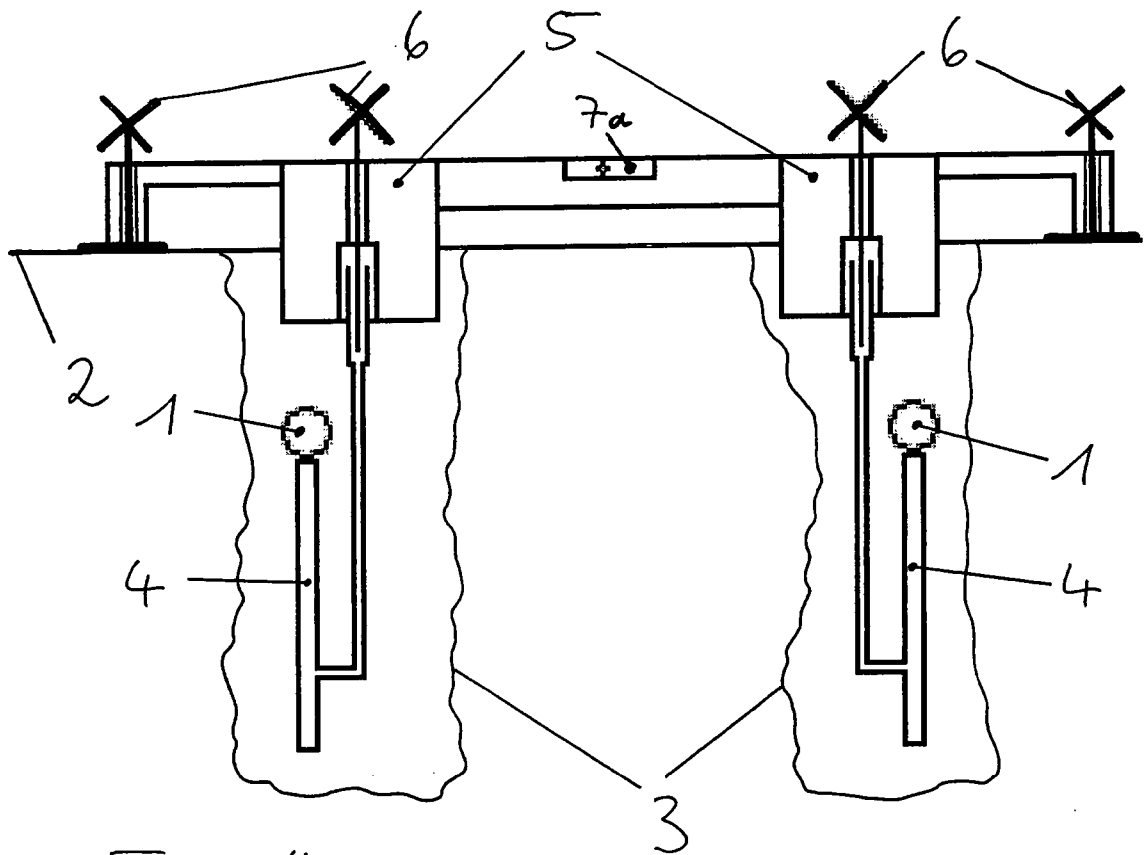


Fig. 14

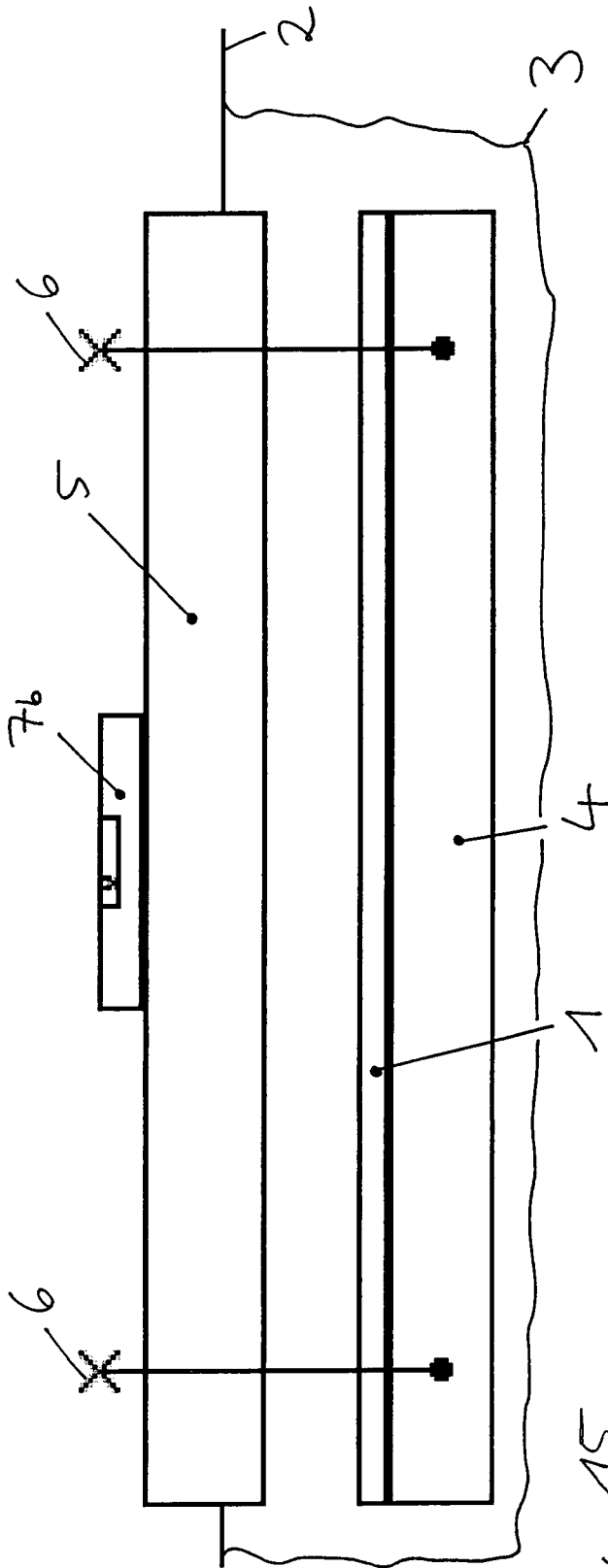
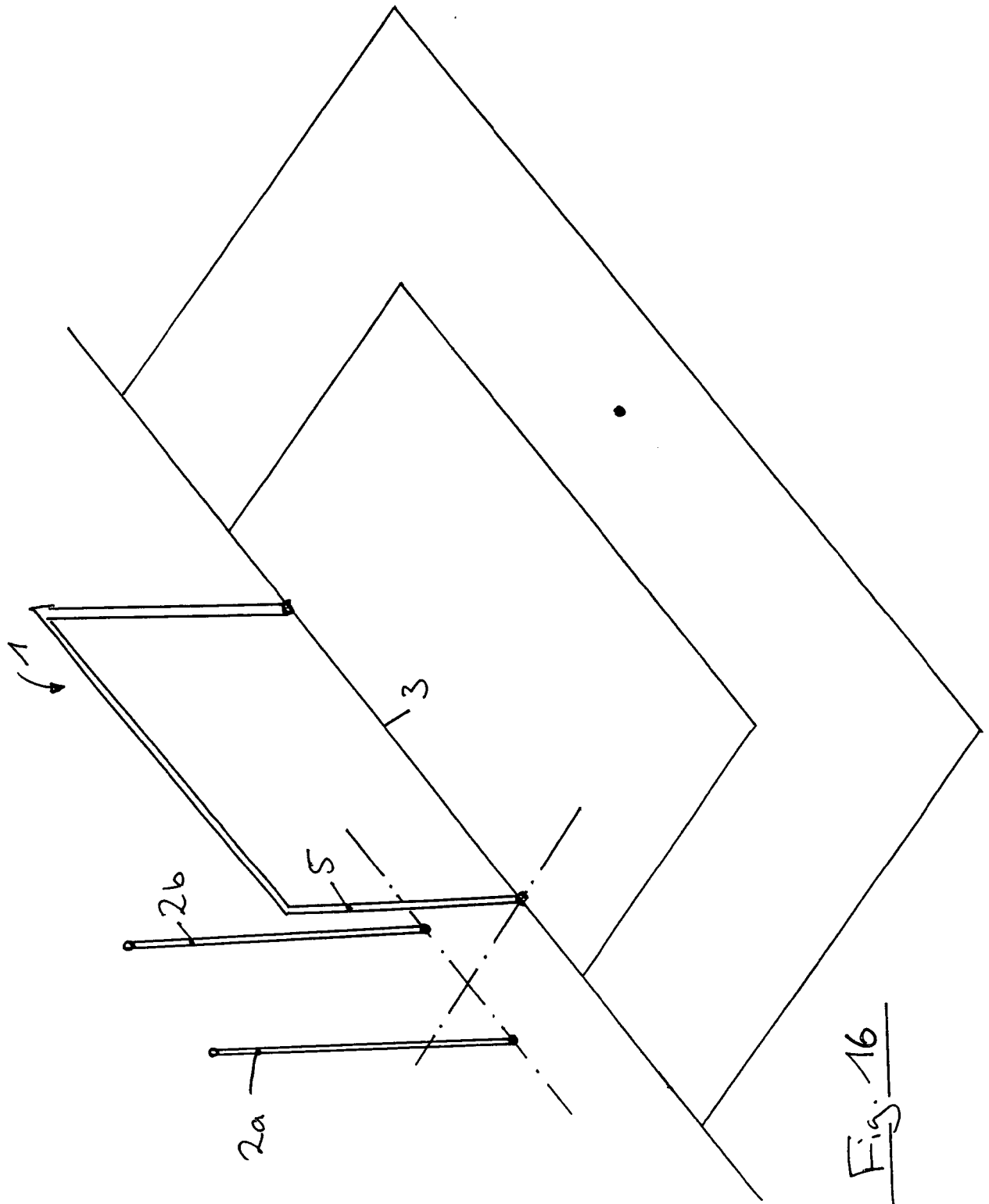
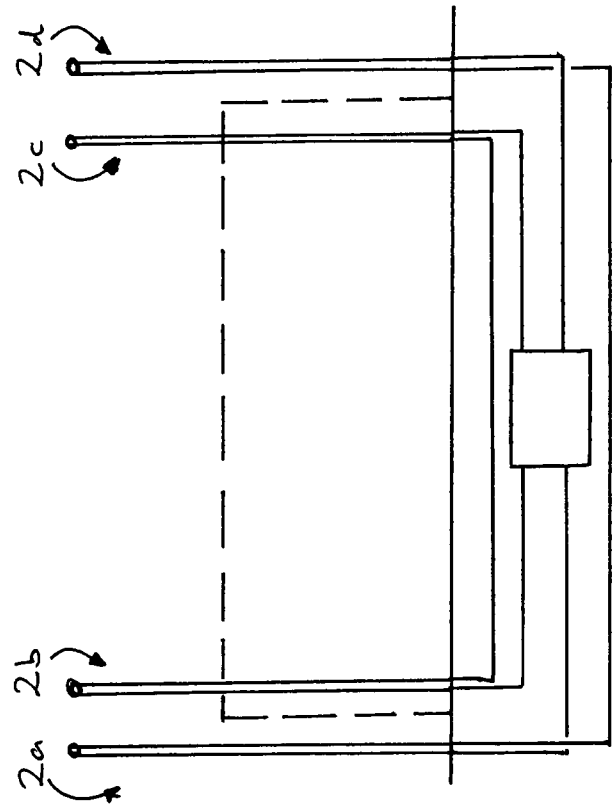
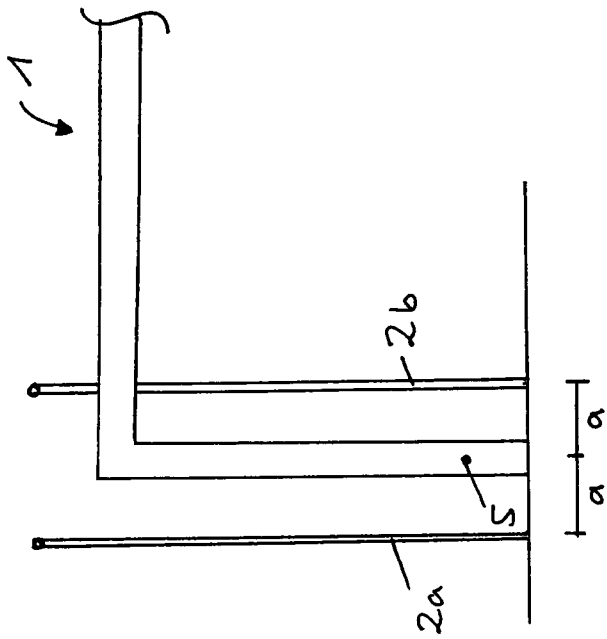


Fig. 15





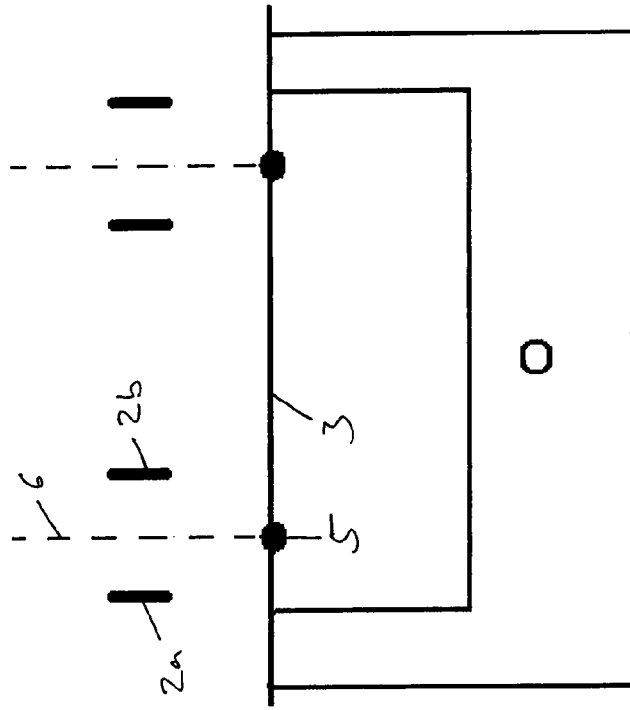


Fig. 13b

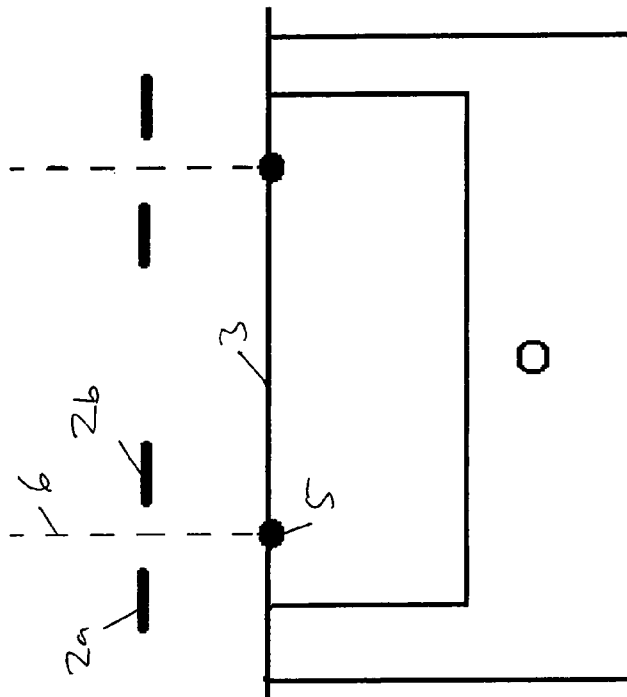


Fig. 13a

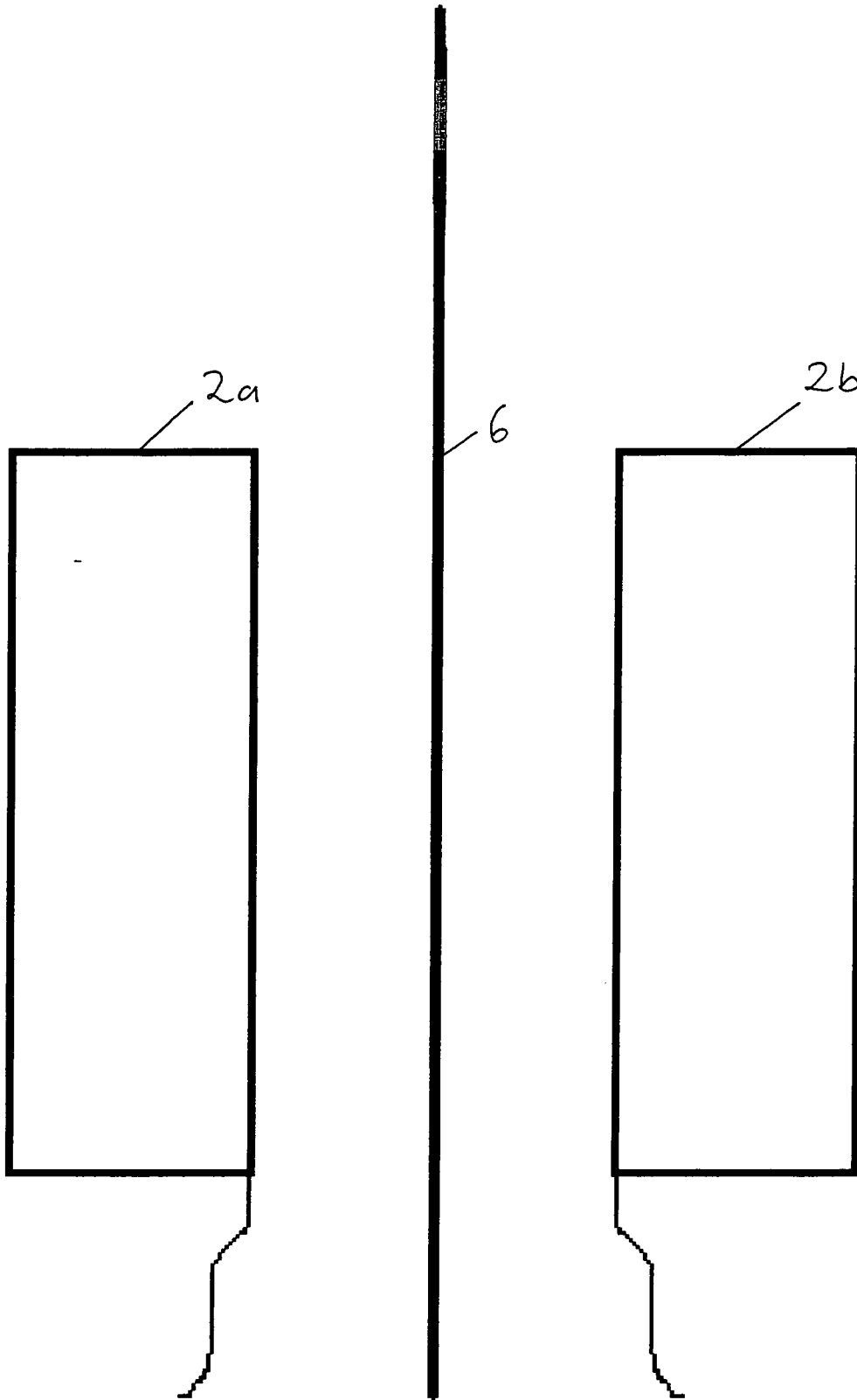


Fig. 20