

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
12. Januar 2017 (12.01.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2017/005430 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01S 1/12 (2006.01) G01S 1/46 (2006.01)  
G01B 7/14 (2006.01) G01S 5/12 (2006.01)  
G01S 1/14 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/062770

(22) Internationales Anmeldedatum:  
6. Juni 2016 (06.06.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2015 212 782.6 8. Juli 2015 (08.07.2015) DE

(71) Anmelder: **VOLKSWAGEN AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Berliner Ring 2, 38440 Wolfsburg (DE).

(72) Erfinder: **ETTE, Bernd**; Leinefelderstraße 38, 38442 Wolfsburg (DE). **PETRICK, Rico**; Brückenstraße 23, 01157 Dresden (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: METHOD, CONTROL APPARATUS AND VEHICLE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN, STEUERGERÄT UND FAHRZEUG

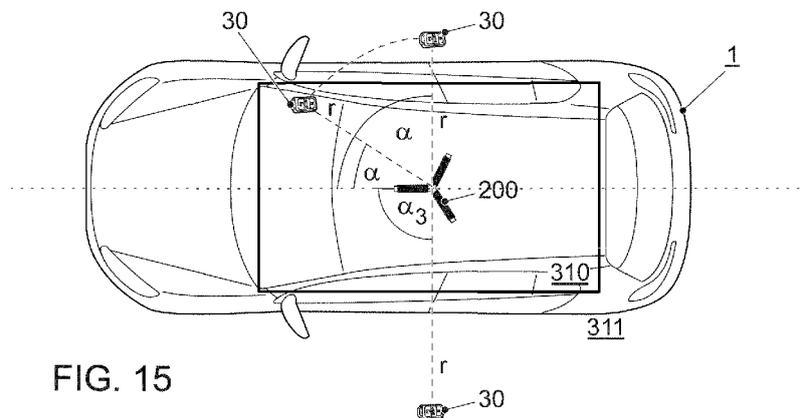


FIG. 15

(57) Abstract: The invention relates to a transmitter (200) which is controlled so that the transmitter (200) emits at least two electromagnetic fields. An amplitude of each of the at least two electromagnetic fields has an anisotropy in one plane. An angular arrangement ( $\alpha$ ) of the receiver (30) relative to the transmitter (200) is determined on the basis of the amplitude of the at least two electromagnetic fields at the position of a receiver (30).

(57) Zusammenfassung: Ein Sender (200) wird angesteuert, sodass der Sender (200) mindestens zwei elektromagnetische Felder aussendet. Eine Amplitude von jedem der mindestens zwei elektromagnetischen Felder weist eine Anisotropie in einer Ebene auf. Es Basierend auf der Amplitude der mindestens zwei elektromagnetischen Felder an der Position eines Empfängers (30) wird eine Winkelanzordnung ( $\alpha$ ) des Empfängers (30) gegenüber dem Sender (200) bestimmt.



WO 2017/005430 A1

## Titel

### Verfahren, Steuergerät und Fahrzeug

#### TECHNISCHES GEBIET

Verschiedene Ausführungsformen der Erfindung betreffen ein Verfahren, ein Steuergerät und ein Fahrzeug. Insbesondere betreffen verschiedene Ausführungsformen Techniken, die es ermöglichen, eine Winkelanzahl eines Empfängers gegenüber einem Sender zu bestimmen.

#### HINTERGRUND

Es sind Techniken bekannt, welche eine Ortung, d.h. eine Positionsbestimmung, z.B. von Identifikationsgebern erlauben. Ein Beispiel für Identifikationsgeber wäre zum Beispiel ein Schlüssel für ein Fahrzeug: so sind Techniken bekannt, welche es erlauben, die Position des Schlüssels im Umfeld des Fahrzeugs zu bestimmen, um eine Zugangskontrolle zu dem Fahrzeug zu erreichen. Dies bedeutet, dass z.B. ein Verriegelungszustand von Klappen des Fahrzeugs gesteuert werden kann. Herkömmliche Techniken beruhen hierbei typischerweise auf einer Messung einer Feldstärke eines von einem zentralen Sender ausgesendeten elektromagnetischen Feldes. Da die Feldstärke für zunehmende Entfernungen zu dem Sender abnimmt (Dämpfung bzw. Abklingen der Feldstärke), kann aus einer Messung der Feldstärke durch eine Empfängerantenne im Schlüssel auf eine Position gegenüber dem Sender rückgeschlossen werden.

Jedoch können solche Techniken eine begrenzte Genauigkeit der Bestimmung der Position des Identifikationsgebers aufweisen, z.B. aufgrund begrenzter Genauigkeit beim Messen der Feldstärke. Typische Genauigkeiten der Positionsbestimmung betragen bei bekannten Systemen z.B. 10 – 20 cm. Darüber hinaus können systematische Verfälschungen auftreten: insbesondere kann die Abnahme der Feldstärke des elektromagnetischen Feldes aufgrund von zum Beispiel magnetischen Objekten, wie etwa die Fahrzeugkarosserie etc., gestört werden, so dass die Bestimmung der Position des Identifikationsgebers mit einem gewissen systematischen Fehler behaftet sein kann. Solche Fälle können es notwendig machen, eine einmalige manuelle Vermessung des Abklingens der Feldstärke in und um das Fahrzeug herum zur Kalibration der Positionsbestimmung durchzuführen. Eine solche manuelle

Vermessung kann zeitaufwändig sein und es können entsprechende Kosten entstehen. Die Kalibration selbst kann auch Fehlerquellen eröffnen.

Außerdem ist es möglich, dass zwar die Entfernung im Rahmen der Positionsbestimmung vergleichsweise genau bestimmt werden kann, aber eine Winkelanzahl des Identifikationsgebers gegenüber dem Sender nicht oder nicht genau bestimmt werden kann.

Aus DE 10 2012 017 387 A1 sind Techniken zum Bestimmen einer Position eines Empfängers bekannt. Dazu wird ein elektromagnetisches Feld ausgesendet, welches als Funktion der Zeit gegenüber einem Sender rotiert. Eine Differenzphase zwischen dem elektromagnetischen Feld an der Position des Empfängers und an der Position des Senders kann bei der Positionsbestimmung verwendet werden. Das Ermitteln der Differenzphase kann vergleichsweise hohen technischen Aufwand erfordern. Zum Beispiel kann es erforderlich sein, an der Position des Empfängers das elektromagnetische Feld zeitaufgelöst zu messen.

## ZUSAMMENFASSUNG

Aus den oben genannten Gründen besteht ein Bedarf für verbesserte Verfahren und Systeme zum Bestimmen einer Position eines Empfängers. Insbesondere besteht ein Bedarf für Verfahren und Systeme, welche eine besonders genaue Positionsbestimmung ermöglichen und gleichzeitig eine geringe Störanfälligkeit mit begrenztem technischen Aufwand und Kosten aufweisen.

Diese Aufgabe wird von den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Die abhängigen Patentansprüche definieren Ausführungsformen.

Gemäß einem Aspekt betrifft die Erfindung ein Verfahren, welche das Ansteuern eines Senders umfasst. Das Ansteuern erfolgt derart, dass der Sender mindestens zwei elektromagnetische Felder aussendet. Eine Amplitude von jedem der mindestens zwei elektromagnetischen Felder weist eine Anisotropie in einer Ebene auf. Dabei ist die Anisotropie statisch in der Ebene ausgerichtet. Das Verfahren umfasst weiterhin das Erhalten von Magnetfeld-Messdaten. Die Magnetfeld-Messdaten indizieren die Amplituden der mindestens zwei elektromagnetischen Felder an der Position eines Empfängers. Das Verfahren umfasst weiterhin das Bestimmen einer Winkelanzahl des Empfängers gegenüber dem Sender basierend auf den Amplituden der mindestens zwei elektromagnetischen Felder an der Position des Empfängers.

Zum Beispiel kann das Verfahren mit einem Steuergerät ausgeführt werden, welches mit dem Sender verbunden ist. Es wäre zum Beispiel möglich, dass das Steuergerät in den

Sender integriert ist. Das Steuergerät kann z.B. Teil eines Ortungssystems für einen Identifikationsgeber zur Zugangskontrolle zu einem Fahrzeug sein.

Die mindestens zwei elektromagnetischen Felder können zeitabhängige elektromagnetische Wechselfelder mit einer bestimmten Frequenz sein. Die Frequenz kann z.B. in einem Bereich von 100 kHz bis 10 MHz, vorzugsweise bis 1 MHz liegen, und besonders vorteilhaft 125 kHz oder 1 MHz betragen. Der Sender kann z.B. einen elektromagnetischen Schwingkreis mit einer Induktivität und einem Kondensator umfassen; dem Fachmann sind diesbezüglich Techniken bekannt, welche entsprechende Ausgestaltung des Senders zum Erzeugen dieser Frequenzen ermöglichen.

Z.B. kann der Sender derart angesteuert werden, dass die mindestens zwei elektromagnetischen Felder sequentiell ausgesendet werden. Das sequentielle Aussenden der mindestens zwei elektromagnetischen Felder kann also bedeuten: zunächst Aussenden eines ersten elektromagnetischen Felds der mindestens zwei elektromagnetischen Felder; anschließend aussenden eines zweiten elektromagnetischen Feldes der mindestens zwei elektromagnetischen Felder (Zeitmultiplexen). Es wäre auch möglich, Techniken des Frequenzmultiplexen einzusetzen und die mindestens zwei Felder zumindest teilweise zeitlich überlappen bei unterschiedlichen Frequenzen auszusenden.

Die Anisotropie kann zum Beispiel eine Abhängigkeit der Amplitude der magnetischen Feldkomponente des elektromagnetischen Felds von einem Winkel in der Ebene bezeichnen. Aufgrund der vorliegenden Anisotropie (im Gegensatz zu einer isotropen Abhängigkeit), kann die Amplitude eine nicht verschwindende Abhängigkeit von dem Winkel in der Ebene aufweisen. Dies bedeutet, dass die Amplitude als Funktion des Winkels in der Ebene variieren kann. Durch die Anisotropie kann erreicht werden, dass die Winkelanordnung des Empfängers gegenüber dem Sender bestimmt werden kann. Dies ist der Fall, da sich je nach Winkelanordnung des Empfängers gegenüber dem Sender die Amplitude der mindestens zwei elektromagnetischen Felder - aufgrund der Anisotropie - an der Position des Empfängers unterscheiden kann.

Die mindestens zwei elektromagnetischen Felder können unterschiedliche Anisotropien aufweisen. Zum Beispiel wäre es möglich, dass ein erstes der mindestens zwei elektromagnetischen Felder eine erste Anisotropie in der Ebene aufweist und ein zweites der mindestens zwei elektromagnetischen Felder eine zweite Anisotropie in der Ebene aufweist, wobei die erste Anisotropie in der Ebene verschieden von der zweiten Anisotropie in der Ebene ist. Zum Beispiel könnte die erste Anisotropie einen Punkt maximaler Amplitude unter einem ersten Winkel gegenüber dem Sender aufweisen, während die zweite Anisotropie einen Punkt maximaler Amplitude unter einem zweiten Winkel gegenüber dem Sender

aufweisen kann, wobei sich der erste Winkel und der zweite Winkel voneinander unterscheiden.

Da die Anisotropie statisch (im Wesentlichen zeitinvariant) in der Ebene ausgerichtet ist, kann sich zum Beispiel ein Ort maximaler bzw. minimaler Amplitude als Funktion der Zeit nicht oder nicht signifikant in Bezug auf die Position des Senders verschieben. Dies kann also in anderen Worten bedeuten, dass die mindestens zwei elektromagnetischen Felder nicht oder nicht signifikant als Funktion der Zeit rotieren - zum Beispiel in der Ebene in Bezug auf den Sender.

Die Magnetfeld-Messdaten können die Amplituden der mindestens zwei elektromagnetischen Felder an der Position des Empfängers direkt oder indirekt indizieren. Zum Beispiel wäre es möglich, dass die Magnetfeld-Messdaten einen Effektivwert der mindestens zwei elektromagnetischen Felder an der Position des Empfängers indizieren. Zum Beispiel kann der Effektivwert proportional zu der Amplitude der mindestens zwei elektromagnetischen Felder sein. Insbesondere wäre es zum Beispiel auch möglich, dass die Magnetfeld-Messdaten eine Leistungsdichte der mindestens zwei elektromagnetischen Felder an der Position des Empfängers indizieren, welche wiederum proportional zu der Amplitude der mindestens zwei elektromagnetischen Felder an der Position des Empfängers sein kann. Die spezifische Art und Weise mit der die Magnetfeld-Messdaten die Amplitude indizieren kann von einem Typ eines eingesetzten Magnetfeld-Sensors abhängen.

Zum Beispiel kann der Empfänger baulich getrennt von einem Steuergerät bzw. dem Sender ausgestaltet sein. Insbesondere kann der Empfänger beweglich gegenüber dem Sender ausgestaltet sein. Diesbezüglich kann das Erhalten der Magnetfeld-Messdaten umfassen: drahtloses Empfangen der Magnetfeld-Messdaten über eine Luftschnittstelle von dem Empfänger. Das drahtlose Empfangen kann zum Beispiel proprietäre Techniken oder Techniken wie zum Beispiel WLAN, siehe IEEE 802.11 Standards etc. umfassen. Das drahtlose Empfangen kann z.B. Techniken der Mobilfunk-Kommunikation umfassen, etwa 3GPP standardisierte Techniken wie UMTS, LTE oder GPRS. Da der Empfänger beweglich gegenüber dem Sender angeordnet sein kann, kann es z.B. möglich sein, dass das Bestimmen der Winkelanzahl von Zeit zu Zeit wiederholt wird, z.B. mit einer festen Wiederholrate.

Das Bestimmen der Winkelanzahl des Empfängers gegenüber dem Sender kann in anderen Worten einem Bestimmen der Orientierung der Position des Empfängers gegenüber der Position des Senders entsprechen. Eine Orientierung des Empfängers gegenüber dem Sender (Drehung im Raum etc.) kann insbesondere unerheblich sein. Insbesondere ist es möglich, dass die Winkelanzahl des Empfängers gegenüber dem Sender in der Ebene

bestimmt wird, in welcher die mindestens zwei elektromagnetischen Felder die Anisotropie aufweisen.

Durch das Verwenden der mindestens zwei elektromagnetischen Felder, die eine in der Ebene statisch ausgerichtete Anisotropie aufweisen, kann es möglich sein, mit vergleichsweise einfachen Techniken die Winkelordnung des Empfängers gegenüber dem Sender zu bestimmen. Insbesondere kann es entbehrlich sein, dass die Magnetfeld-Messdaten die Amplituden der mindestens zwei elektromagnetischen Felder an der Position des Empfängers zeitaufgelöst indizieren, zum Beispiel um eine Rotation oder Differenzphase der mindestens zwei elektromagnetischen Felder in der Ebene zu bestimmen. Dies kann zum Beispiel in Bezug auf den verwendeten Empfänger und/oder in Bezug auf einen erforderlichen Rechenaufwand eine einfachere Implementierung im Vergleich zu Referenztechniken erlauben.

Durch das Aussenden der mindestens zwei elektromagnetischen Felder, deren Anisotropie statisch in der Ebene ausgerichtet ist, kann es nicht oder nur eingeschränkt möglich sein, auf eine Entfernung zwischen dem Empfänger und dem Sender zurück zu schließen. Dies kann der Fall sein, da die Amplitude der mindestens zwei elektromagnetischen Felder an der Position des Empfängers eine Abhängigkeit von (i) der Winkelordnung des Empfängers gegenüber dem Sender und (ii) der Entfernung des Empfängers gegenüber dem Sender aufweisen. In verschiedenen Szenarien ist es deshalb möglich, die mindestens zwei elektromagnetischen Felder mit einem weiteren elektromagnetischen Feld zu kombinieren, auf Grundlage dessen es möglich ist, auch die Entfernung zwischen dem Empfänger und dem Sender zu bestimmen.

In verschiedenen Szenarien kann das Verfahren weiterhin das Ansteuern des Senders derart umfassen, dass der Sender ein weiteres elektromagnetisches Feld aussendet. Die Amplitude des weiteren elektromagnetischen Felds kann eine Anisotropie in der Ebene aufweisen, wobei die Anisotropie als Funktion der Zeit in der Ebene rotiert. Das Verfahren kann weiterhin das Erhalten von weiteren Magnetfeld-Messdaten umfassen. Die weiteren Magnetfeld-Messdaten können die Amplitude des weiteren elektromagnetischen Felds an der Position des Empfängers indizieren. Das Verfahren kann weiterhin das Ermitteln eines Zeitmittelwerts der Amplitude des weiteren elektromagnetischen Felds an der Position des Empfängers basierend auf den weiteren Magnetfeld-Messdaten umfassen. Das Verfahren kann weiterhin das Bestimmen einer Entfernung zwischen dem Empfänger und dem Sender basierend auf dem Zeitmittelwerts der Amplitude des weiteren elektromagnetischen Felds an der Position des Empfängers umfassen.

Das weitere elektromagnetische Feld kann auch als rotierendes elektromagnetisches Feld bezeichnet werden, weil die Anisotropie als Funktion der Zeit in der Ebene rotiert.

Dementsprechend können die mindestens zwei elektromagnetischen Felder, deren Anisotropie statisch in der Ebene ausgerichtet ist, auch als nicht-rotierende elektromagnetische Felder bezeichnet werden.

Zum Beispiel wäre es möglich, dass das Verfahren zunächst das Ansteuern des Senders zum Aussenden des weiteren elektromagnetischen Felds umfasst; und anschließend das Ansteuern des Senders, so dass der Sender die mindestens zwei elektromagnetischen Felder aussendet (Zeitmultiplexen). Es wäre aber auch möglich, Frequenzmultiplexen einzusetzen, so dass das weitere elektromagnetische Feld und die mindestens zwei elektromagnetischen Felder zumindest teilweise zeitlich überlappend ausgesendet werden.

Das weitere elektromagnetische Feld kann also eine Rotationsbewegung in der Ebene durchführen, die eine gewisse Winkelgeschwindigkeit aufweist. Diesbezüglich kann die Ebene auch als Rotationsebene bezeichnet werden. In anderen Worten können Punkte gleicher Phasenlage, also z.B. ein Maximum oder Minimum der Feldstärke des weiteren elektromagnetischen Felds, zeitabhängig jeweils unter unterschiedlichen Richtungen oder Winkeln gegenüber dem Sender angeordnet sein. Bildlich gesprochen kann sich z.B. ein Maximum der Amplitude wie der Lichtstrahl eines Leuchtturms (hier der Sender) bewegen. Insbesondere kann eine Rotationsfrequenz der Rotationsbewegung gleich der Frequenz des elektromagnetischen Felds selbst sein. Es ist aber auch möglich, dass die Rotationsfrequenz andere Werte annimmt. Die Rotationsbewegung des weiteren elektromagnetischen Felds kann - wie es typisch für zyklische Abläufe ist - durch eine bestimmte Phase (Phasenlage) der Bewegung charakterisiert werden; eine volle Rotation kann einer akkumulierten Phase von  $360^\circ$  bzw.  $2\pi$  entsprechen. Das rotierende weitere elektromagnetische Feld kann sich z.B. mit einer konstanten Winkelgeschwindigkeit bewegen. Im Allgemeinen sind auch bestimmte vorgegebene Abhängigkeiten der Winkelgeschwindigkeit von der Phase (dem Winkel) möglich. Z.B. kann es möglich sein, dass die Rotationsebene parallel oder im Wesentlichen parallel, d.h. z.B. kleiner  $\pm 20^\circ$ , vorzugsweise kleiner  $\pm 10^\circ$ , besonders vorzugsweise kleiner  $\pm 2^\circ$ , mit der Horizontalen ausgerichtet ist, also z.B. im Wesentlichen parallel mit einem Boden ist. Dazu kann der Sender entsprechend angebracht werden.

Es können unterschiedliche Sender eingesetzt werden. Z.B. kann eine Spulenanordnung als Sender verwendet werden, die mindestens drei Spulen umfasst, die jeweils eine Spulenchse aufweisen, die eine nicht-verschwindende Komponente in der Ebene aufweist. Z.B. kann die Spulenanordnung drei Spulen aufweisen, die in der Ebene angeordnet sind und jeweils von  $120^\circ$  zu ihren Nachbar-Spulen aufweisen; insoweit wäre die Spulenebene koinzident mit der Rotationsebene.

Es wäre zum Beispiel möglich, dass die weiteren Magnetfeld-Messdaten die Amplituden des elektromagnetischen Felds an der Position des Empfängers bereits zeitgemittelt indizieren.

Dann ist es nicht notwendig, im Rahmen des Ermitteln des Zeitmittelwerts besondere Rechenoperationen durchzuführen. In einer anderen Szenarien wäre es zum Beispiel möglich, dass die weiteren Magnetfeld-Messdaten die Amplitude des weiteren elektromagnetischen Felds zeitaufgelöst indizieren. Dann ist es zum Beispiel möglich, im Rahmen des Ermitteln des Zeitmittelwerts der Amplitude des weiteren elektromagnetischen Felds verschiedene Rechenoperationen, wie zum Beispiel Integrieren, Betrag bilden, etc., durchzuführen.

Die weiteren Magnetfeld-Messdaten können die Amplituden der mindestens zwei elektromagnetischen Felder an der Position des Empfängers direkt oder indirekt indizieren. Diesbezüglich können entsprechende Techniken implementiert werden, wie sie oben stehend in Bezug auf die Magnetfeld-Messdaten, welche die Amplituden der mindestens zwei nicht-rotierenden elektromagnetischen Felder, deren Anisotropie statisch in der Ebene ausgerichtet ist, erläutert wurden.

Die Magnetfeld-Messdaten und / oder die weiteren Magnetfeld-Messdaten können keine Abhängigkeit von einer Orientierung des Empfängers aufweisen. Zum Beispiel wäre es möglich, dass der Empfänger eingerichtet ist, um die Magnetfeld-Messdaten unabhängig von einer Orientierung des Empfängers bereitzustellen. Dies kann zum Beispiel bedeuten, dass der Empfänger die Magnetfeld-Messdaten derart bereitstellt, dass unterschiedliche Drehungen bzw. Ausrichtungen des Empfängers im Raum keinen oder keinen signifikanten Einfluss auf die gemessene Amplitude der mindestens zwei elektromagnetischen Felder, wie sie von den Magnetfeld-Messdaten indiziert werden, aufweisen. Dies kann zum Beispiel bedeuten, dass der Empfänger die weiteren Magnetfeld-Messdaten derart bereitstellt, dass unterschiedliche Drehungen bzw. Ausrichtungen des Empfängers im Raum keinen oder keinen signifikanten Einfluss auf die gemessene Amplitude der des weiteren elektromagnetischen Felds, wie sie von den weiteren Magnetfeld-Messdaten indiziert wird, aufweisen. Diesbezüglich wäre es zum Beispiel möglich, dass der Empfänger einen Magnetfeld-Sensor mit zwei oder drei oder mehr Magnetfeld-Sensorelemente aufweist, die entlang orthogonaler Raumrichtungen (x-, y-, z-Richtung) unterschiedliche Sensitivitäten aufweisen. Die Magnetfeld-Sensorelemente können dann eingerichtet sein, um die Magnetfeld-Komponente der elektromagnetischen Felder zu messen. Dann können Absolutwerte der Signale der unterschiedlichen Magnetfeld-Sensorelemente summiert werden, z.B. nach einer Analog-Digital-Wandlung. Solche Magnetfeld-Sensorelemente werden häufig auch als 3D Spulen bezeichnet. Zum Beispiel können die Magnetfeld-Sensorelemente durch GMR-Sensorelemente (engl. Giant Magnetoresistance), Hall-Sensorelemente, TMR-Sensorelemente (engl. Tunnel Magnetoresistance), AMR-Sensorelemente (engl. Anisotropic Magnetiresistance) oder Kombinationen daraus implementiert werden.

Durch die Rotationsbewegung des weiteren elektromagnetischen Feldes kann sich eine entsprechende Zeitabhängigkeit der Amplitude bzw. der Phasenlage des weiteren elektromagnetischen Felds am Ort des Empfängers ergeben. Jedoch kann durch das Ermitteln des Zeitmittelwerts - der zum Beispiel eine Zeitkonstante aufweist, die in der Größenordnung oder größer als die Rotationsfrequenz des weiteren elektromagnetischen Felds liegt - die Zeitabhängigkeit der Amplitude des weiteren elektromagnetischen Felds beseitigt werden. Darüber hinaus kann - aufgrund der Rotation des weiteren elektromagnetischen Feldes - trotz der Anisotropie des weiteren elektromagnetischen Felds - die zeitgemittelte Amplitude des weiteren elektromagnetischen Felds an der Position des Empfängers keine oder keine signifikante Abhängigkeit von der Winkelanzordnung des Empfängers gegenüber dem Sender aufweisen. Jedenfalls in Kombination der Magnetfeld-Messdaten mit den weiteren Magnetfeld-Messdaten kann es derart möglich sein, sowohl auf die Entfernung zwischen dem Empfänger und dem Sender, als auch auf die Winkelanzordnung des Empfängers gegenüber dem Sender zurück zu schließen. Derart kann eine umfassende und genaue Positionsbestimmung des Empfängers gegenüber dem Sender vorgenommen werden. Insbesondere kann es möglich sein, eine umfassende und genaue Positionsbestimmung des Empfängers gegenüber dem Sender mit nur einem Sender vorzunehmen. Es kann insbesondere entbehrlich sein, mehrere Sender vorzusehen, die sich an verschiedenen Orten befinden.

In verschiedenen Szenarien kann das Verfahren umfassen: basierend auf der Entfernung zwischen dem Empfänger und dem Sender und weiterhin basierend auf der Winkelanzordnung des Empfängers gegenüber dem Sender: Bestimmen, ob sich der Empfänger innerhalb oder außerhalb eines vorgegebenen Umgebungsbereichs des Senders befindet.

Mittels solcher Techniken kann es möglich sein, vergleichsweise einfach und schnell eine Positionsbestimmung des Empfängers vorzunehmen. Insbesondere kann es möglich sein, dass die Positionsbestimmung des Empfängers mit einer vergleichsweise geringen Genauigkeit erfolgt; insbesondere kann es entbehrlich sein, eine höhere Genauigkeit der Positionsbestimmung des Empfängers vorzunehmen, als erforderlich ist, um Anordnung innerhalb oder außerhalb des vorgegebenen Umgebungsbereichs zu unterscheiden.

Werden die vorliegenden Techniken zum Beispiel mit einem Ortungssystem eines Identifikationsgebers für die Zugangskontrolle zu einem Fahrzeug eingesetzt, kann es möglich sein, dass der vorgegebene Umgebungsbereich einem Innenraum des Fahrzeugs entspricht. Derart kann unterschieden werden, ob sich der Empfänger - zum Beispiel ein Identifikationsgeber wie zum Beispiel ein Schlüssel - innerhalb oder außerhalb des Fahrzeugs befindet. Derart kann sichergestellt werden, dass keine ungewollte Verriegelung

des Fahrzeugs erfolgt, obwohl der Empfänger zum Beispiel noch innerhalb des Fahrzeugs angeordnet ist.

Es ist zum Beispiel möglich, dass das Ansteuern des Senders, sodass der Sender das weitere elektromagnetische Feld aussendet, umfasst: phasenversetztes Bestromen von mindestens drei in der Ebene angeordneten Spulen des Senders. Zum Beispiel könnte das phasenversetzte Bestromen eine baulich vorgegebene Winkelanordnung der mindestens drei Spulen in der Ebene berücksichtigen, sodass eine Rotationsfrequenz des weiteren elektromagnetischen Felds gleich einer Frequenz des weiteren elektromagnetischen Felds ist.

Z.B. kann es in verschiedenen Szenarien möglich sein, dass drei (vier) Spulen unter Winkeln von  $120^\circ$  ( $90^\circ$ ) in einer Ebene, d.h. der Spulenebene bzw. Rotationsebene angeordnet sind. Es kann jedoch möglich sein, einzelne Spulen aus dieser Ebene zu verkippen, z.B. um einen Winkel von  $20^\circ$  oder  $40^\circ$ , vorzugsweise kleiner als  $90^\circ$ , sodass eine Komponente des weiteren elektromagnetischen Felds der jeweiligen Spule innerhalb dieser Ebene verbleibt. Sind die Spulen nicht unter gleichen Winkeln zur Nachbarspule angeordnet, so kann eine zeitliche Anpassung der Bestromung der Spulen eine solche von der obenstehend beschriebenen symmetrischen Anordnung abweichende Anordnung kompensieren – hierbei kann kompensieren bedeuten, dass sich das rotierende weitere elektromagnetische Feld unabhängig von der geometrischen Anordnungen der Spulen mit einer konstanten Winkelgeschwindigkeit bewegt. Jede der Spulen kann ein beitragendes elektromagnetisches Feld erzeugen, welches daher individuell moduliert werden kann. Die Überlagerung der von den einzelnen Spulen erzeugten beitragend elektromagnetischen Felder, kann das rotierende weitere elektromagnetische Feld ergeben.

Es ist z.B. möglich, dass die Spulen derart bestromt werden, dass das rotierende weitere elektromagnetische Feld so ausgesendet wird, dass es eine oder zwei oder mehr Rotationen durchführt, d.h. Phasen von  $2\pi$ ,  $4\pi$ , etc. akkumuliert. Es ist auch möglich, dass die Spulen derart bestromt werden, dass das rotierende weitere elektromagnetische Feld so ausgesendet wird, dass es nur einen Bruchteil einer ganzen Drehung durchführt, etwa  $1/4$  Drehung oder  $1/2$  Drehung, d.h. Phasen von  $\pi/2$  oder  $\pi$  akkumuliert.

Im Allgemeinen sind Techniken zum Ansteuern des Senders, sodass der Sender das rotierende weitere elektromagnetische Feld erzeugt, dem Fachmann bekannt, zum Beispiel aus DE 10 2012 017 387 A1 deren diesbezüglicher Inhalt hierin durch Querverweis aufgenommen wird.

Im Allgemeinen können verschiedenste Techniken zum Bestimmen der Entfernung zwischen dem Empfänger und dem Sender basierend auf dem Zeitmittelwert der Amplitude des

weiteren elektromagnetischen Felds an der Position des Empfängers eingesetzt werden. In einem einfachen Szenario wäre es zum Beispiel möglich, dass ein einzelnes weiteres elektromagnetisches Feld ausgesendet wird und basierend auf den zugehörigen weiteren Magnetfeld-Messdaten der gemessene Zeitmittelwert der Amplitude mit einer Nachschlage-Tabelle (engl. look-up table) verglichen wird, in der unterschiedlichen Zeitmittelwerten der Amplitude unterschiedliche Entfernungen zugeordnet sind.

In einem weiteren Szenario ist es zum Beispiel möglich, dass das Ansteuern des Senders derart erfolgt, dass der Sender das weitere elektromagnetische Feld mit einer Zeitabhängigkeit der Sendeleistung und / oder der der Frequenz aussendet. Zum Beispiel kann eine Zeitkonstante der Zeitabhängigkeit der Sendeleistung und / oder der Frequenz größer sein als eine Zeitkonstante des Zeitmittelwerts der Amplitude des weiteren elektromagnetischen Felds. Dies kann in anderen Worten bedeuten, dass die Sendeleistung bzw. die Frequenz vergleichsweise langsam variiert wird. Zum Beispiel kann in einem Zeitbereich, für den der Zeitmittelwert der Amplitude des weiteren elektromagnetischen Felds gebildet wird, die Sendeleistung bzw. die Frequenz im Wesentlichen konstant sein. Derart wird der Zeitmittelwert der Amplitude nicht durch die Zeitabhängigkeit der Sendeleistung bzw. der Frequenz verfälscht.

Es wäre zum Beispiel möglich, dass das Ansteuern des Senders derart erfolgt, dass die Sendeleistung schrittweise erhöht wird. Für jeden Schritt bzw. jede Einstellung der Sendeleistung kann es dann möglich sein, entsprechende weitere Magnetfeld-Messdaten zu erhalten, den zugehörigen Zeitmittelwert der Amplitude zu bestimmen und zum Bestimmen der Entfernung zum Beispiel den jeweiligen Zeitmittelwert der Amplitude mit einem vorgegebenen Schwellenwert zu vergleichen. Sobald der Zeitmittelwert den vorgegebenen Schwellenwert überschreitet, kann die entsprechende Sendeleistung zum Bestimmen der Entfernung zwischen dem Empfänger und dem Sender herangezogen werden. Dafür kann wiederum eine Nachschlage-Tabelle implementiert werden. Durch das Aussenden des elektromagnetischen Felds mit der Zeitabhängigkeit, zum Beispiel durch die schrittweise Erhöhung der Sendeleistung, kann die Entfernung zwischen dem Empfänger und dem Sender besonders genau bestimmt werden. Gleichzeitig kann eine benötigte Energie zum Bestimmen der Entfernung vergleichsweise gering sein. Zum Beispiel kann, sofern sich der Empfänger im nahen Umfeldbereich des Senders befindet, vermieden werden, dass das weitere elektromagnetische Feld mit einer unnötig großen Sendeleistung ausgesendet wird.

Zum Beispiel kann das Verfahren weiterhin umfassen: Bestimmen einer Sendeleistung für die mindestens zwei elektromagnetischen Felder basierend auf der bestimmten Entfernung zwischen dem Empfänger und dem Sender. Das Ansteuern des Senders kann derart erfolgen, dass der Sender die mindestens zwei elektromagnetischen Felder mit der

bestimmten Sendeleistung aussendet. Derart kann der Energieverbrauch verringert werden. Z.B. kann vermieden werden, dass – sofern sich der Empfänger im nahen Umfeldbereich des Senders befindet – eine unnötig hohe Sendeleistung verwendet wird.

Zum Beispiel kann das Ansteuern des Senders, so dass der Sender die mindestens zwei elektromagnetischen Felder aussendet, für jedes der mindestens zwei elektromagnetischen Felder umfassen: Bestromen einer einzigen von mehreren Spulen des Senders oder phasengleiches Bestromen von mindestens zwei in der Ebene angeordneten Spulen des Senders.

Mittels solcher Techniken kann es möglich sein, ein und denselben Sender zum Aussenden des rotierenden weiteren elektromagnetischen Felds, als auch zum Aussenden der nicht-rotierenden mindestens zwei elektromagnetischen Felder einzusetzen. Durch das phasengleiche Bestromen der mindestens zwei in der Ebene angeordneten Spulen des Senders kann erreicht werden, dass das jeweilige elektromagnetische Feld mit einer besonders hohen Sendeleistung ausgesendet wird; dadurch kann es möglich sein, auch in einem entfernten Umfeldbereich des Senders die Winkelanzahl der Empfänger gegenüber dem Sender zuverlässig und genau zu bestimmen.

Im Allgemeinen können unterschiedlichste Techniken eingesetzt werden, um basierend auf den Magnetfeld-Messdaten bzw. den Amplituden der mindestens zwei elektromagnetischen Felder an der Position des Empfängers die Winkelanzahl der Empfänger gegenüber dem Sender zu bestimmen. Dabei können die Techniken abgestimmt sein auf die spezifische Anisotropie der mindestens zwei elektromagnetischen Felder in der Ebene. Insbesondere kann es möglich sein, dass die qualitative und/oder quantitative Form der Anisotropie der mindestens zwei elektromagnetischen Felder beim Bestimmen der Winkelanzahl berücksichtigt wird.

Es wäre z.B. möglich, dass zumindest eines der mindestens zwei elektromagnetischen Felder eine zweizählige Anisotropie aufweist. Z.B. wäre es zum Beispiel möglich, dass alle der mindestens zwei elektromagnetischen Felder eine zweizählige Anisotropie in der Ebene aufweisen.

Dabei kann die zweizählige Anisotropie zum Beispiel zwei lokale Maxima der Amplitude unter verschiedenen Winkeln in Bezug auf den Sender aufweisen. Insbesondere wäre es zum Beispiel möglich, dass die mindestens zwei elektromagnetischen Felder eine zweizählige Anisotropie mit einer 180°-Periodizität in der Ebene aufweisen. Dies kann bedeuten, dass eine 180°-Zweideutigkeit zwischen den Amplituden der mindestens zwei elektromagnetischen Felder auftreten kann. Dann kann es in verschiedenen Szenarien möglich sein, dass die Winkelanzahl der Empfänger gegenüber dem Sender mit der

180°-Zweideutigkeit bestimmt wird; d.h. es kann z.B. nicht oder nur eingeschränkt möglich sein, zwischen einer Winkelanordnung, bei der Empfänger vor dem Sender angeordnet ist (12-Uhr Position), und einer Winkelanordnung, bei der Empfänger hinter dem Sender angeordnet ist (6-Uhr Position) zu unterscheiden.

Es ist möglich, dass zumindest eines der mindestens zwei elektromagnetischen Felder eine einzählige Anisotropie in der Ebene aufweist. Die einzählige Anisotropie kann zum Beispiel ein einzelnes lokales Maximum der Amplitude unter einem bestimmten Winkel in Bezug auf den Sender aufweisen. Durch das Verwenden der einzähligen Anisotropie kann zum Beispiel erreicht werden, dass die oben genannte 180°-Zweideutigkeit aufgelöst bzw. vermieden wird.

Diesbezüglich wäre es zum Beispiel möglich, dass der Sender eine Anzahl von sechs oder mehr Spulen aufweist. Es wäre zum Beispiel möglich, dass in der Ebene benachbarte Paare der mehreren Spulen jeweils einen Winkel im Bereich von 30°-90° miteinander einschließen, bevorzugt einen Winkel von 60° miteinander einschließen. Die sechs oder mehr Spulen können in der Ebene angeordnet sein. Benachbarte Spulen können eine U-förmige bzw. V-förmige Anordnung aufweisen. Derart können benachbarte Spulen einen sogenannten U-Magneten ausbilden. Der U-Magnet weist eine einzählige Anisotropie auf, da sich das elektromagnetische Feld entlang der Richtung, die aus der Öffnung des U-Magneten heraus zeigt, besser ausbreitet, als entlang der entgegengesetzten Richtung. Ein solcher Effekt wird auch als Richtwirkung bezeichnet. Die Richtwirkung kann eingesetzt werden, um die einzählige Anisotropie zu erreichen.

In verschiedenen Szenarien ist es auch möglich, dass die Magnetfeld-Messdaten jeweils eine Richtung einer Magnetfeldlinie der mindestens zwei elektromagnetischen Felder an der Position des Empfängers indizieren, wobei das Bestimmen der Winkelanordnung des Empfängers gegenüber dem Sender weiterhin auf den Richtungen der Magnetfeldlinien der mindestens zwei elektromagnetischen Felder basiert.

Dabei kann die Richtung der Magnetfeldlinien sowohl eine Orientierung der Magnetfeldlinie, als auch eine Plus-Richtung bzw. eine Minus-Richtung der Magnetfeldlinie indizieren. Durch das Berücksichtigen der Richtung der Magnetfeldlinie kann die 180°-Zweideutigkeit aufgelöst werden.

Diesbezüglich kann es auch möglich sein, dass Beschleunigungs-Messdaten erhalten werden, die eine Orientierung des Empfängers gegenüber einer Richtung der Schwerkraft indizieren. Das Bestimmen der Winkelanordnung des Sensors gegenüber dem Empfänger kann weiterhin auf der Orientierung des Empfängers gegenüber der Richtung der Schwerkraft basieren. Diesbezüglich wäre es zum Beispiel möglich, dass der Empfänger weiterhin ein Schwerkraft-Sensorelement umfasst. Zum Beispiel kann das Schwerkraft-

Sensorelement durch einen mikromechanischen Beschleunigungssensor implementiert werden.

Optional wäre es zum Beispiel möglich, dass auch eine Richtung zunehmender Stärke des Magnetfelds durch den Empfänger bestimmt wird. Mittels aller solcher Techniken, wie sie voranstehend beschrieben wurden, d.h. mittels der Richtung der Magnetfeldlinie, der Orientierung des Empfängers gegenüber der Richtung der Schwerkraft und/oder mittels der Richtung zunehmender Stärke des Magnetfelds kann es möglich sein, die 180°-Zweideutigkeit aufzulösen.

Gemäß einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung ein Verfahren. Das Verfahren umfasst das Ansteuern eines Senders, sodass der Sender ein elektromagnetisches Feld aussendet. Die Amplitude des elektromagnetischen Felds weist eine Anisotropie in einer Ebene auf. Die Anisotropie rotiert als Funktion der Zeit in der Ebene. Das Verfahren umfasst weiterhin das Erhalten von Magnetfeld-Messdaten. Die Magnetfeld-Messdaten indizieren die Amplitude des elektromagnetischen Felds an der Position eines Empfängers. Das Verfahren umfasst weiterhin das ermitteln eines Zeitmittelwerts der Amplitude des elektromagnetischen Felds an der Position des Empfängers basierend auf den Magnetfeld-Messdaten. Das Verfahren umfasst weiterhin das Bestimmen einer Entfernung zwischen dem Empfänger und dem Sender basierend auf dem Zeitmittelwert der Amplitude des elektromagnetischen Felds an der Position des Empfängers.

Für ein solches Verfahren können Effekte erzielt werden, die vergleichbar sind mit den Effekten, die für das Verfahren gemäß dem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung erzielt werden können.

Gemäß einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung ein Steuergerät eines Fahrzeugs, welches eingerichtet ist, um ein Verfahren gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung durchzuführen.

Für ein solches Steuergerät können Effekte erzielt werden, die vergleichbar sind mit den Effekten, die für das Verfahren gemäß dem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung erzielt werden können.

Es wäre zum Beispiel möglich, dass das Steuergerät eingerichtet ist, um in Abhängigkeit der Winkelanordnung des Empfängers gegenüber dem Sender ein Steuersignal zu erzeugen, welches einen Verriegelungszustand mindestens einer Fahrzeugklappe des Fahrzeugs steuert. Zum Beispiel könnte mittels des Steuersignals eine Zugangskontrolle zu dem Fahrzeug implementiert werden. Zum Beispiel könnte das Steuersignal eine Zentralverriegelung des Fahrzeugs steuern.

Die Zugangskontrolle kann alternativ oder zusätzlich auch in Abhängigkeit der Entfernung zwischen dem Empfänger und dem Sender implementiert werden. Die Zugangskontrolle könnte z.B. in Abhängigkeit davon implementiert werden, ob sich der Empfänger innerhalb oder außerhalb des vorgegebenen Umgebungsbereichs befindet.

Gemäß einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung ein Fahrzeug, welches das Steuergerät gemäß einem weiteren Aspekt umfasst. Das Fahrzeug umfasst weiterhin den Sender. Zum Beispiel kann der Sender mindestens drei Spulen umfassen, die in der Ebene angeordnet sind.

Es wäre zum Beispiel möglich, dass die Zugangskontrolle zu dem Fahrzeug basierend auf dem Sender alleine ohne den Einsatz weiterer Sender durchgeführt wird. Durch das Verwenden eines einzelnen Senders kann die Zugangskontrolle kostengünstig implementiert werden. Eine Systemkomplexität kann reduziert werden.

Für ein solches Fahrzeug können Effekte erzielt werden, die vergleichbar sind mit den Effekten, die für das Verfahren gemäß dem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung erzielt werden können.

Gemäß einem weiteren Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung ein Fahrzeug, welches einen ersten Sender und einen zweiten Sender umfasst. Das Fahrzeug umfasst weiterhin das Steuergerät gemäß einem weiteren Aspekt. Der erste Sender kann zum Beispiel mindestens drei Spulen, die in einer Ebene angeordnet sind, aufweisen. Der zweite Sender kann zum Beispiel eine einzelne Spule aufweisen. Zum Beispiel kann der erste Sender dazu verwendet werden, die oben stehend diskutierten mindestens zwei elektromagnetischen Felder, sowie das oben stehend diskutierte weitere elektromagnetische Feld zu erzeugen. Es wäre möglich, die 180°-Mehrdeutigkeit durch das Aussenden eines zweiten elektromagnetischen Feldes durch den zweiten Sender aufzulösen. Dabei kann der zweite Sender vergleichsweise einfach konstruiert sein, sodass Kosten und Bauraum gegenüber dem ersten Sender reduziert sein können. Zum Beispiel wäre es möglich, dass sich der erste Sender und der zweite Sender an unterschiedlichen Positionen innerhalb des Fahrzeugs befinden.

Gemäß einem Aspekt betrifft die Erfindung eine Spulenordnung zum Erzeugen eines rotierenden elektromagnetischen Felds, wobei die Spulenordnung mindestens drei Spulen umfasst, jeweils mit mindestens einer zugehörigen Spulenwicklung. Die Spulenordnung umfasst weiterhin ein ferromagnetisches Spulenjoch, welches eine magnetische Kopplung der mindestens drei Spulen herstellt.

Die mindestens eine Spulenwicklung kann selbst mehrere Windungen eines elektrisch leitfähigen Drahts oder einer Leiterbahnen umfassen. Die Spulen können eine oder mehrere

Spulenwicklungen umfassen – in anderen Worten können bei mehreren Spulenwicklungen einer Spule diese getrennt elektrisch kontaktierbar bzw. abgreifbar sein.

Die magnetische Kopplung kann durch einen bestimmten magnetischen Fluss charakterisiert sein, der z.B. eine bestimmte Größe aufweist. Ein magnetischer Fluss kann z.B. durch die durchgängige Verbindungen der Spulenjoche erzeugt werden. Insbesondere kann die Spulenanordnung eingerichtet sein, dass der magnetische Fluss in einem Zentrum der Spulenanordnung einen bestimmten Wert, z.B. ungefähr oder genau 0 annimmt. Z.B. kann das Spulenjoch durchgängig, also ohne oder nur mit wenigen und / oder mit sehr kleinen bzw. kurzen Unterbrechungen bzw. Luftspalten sein. Es kann aus einem ferromagnetischen Material hergestellt sein, etwa Eisen, Chrom, Nickel, Oxiden dieser Materialien wie Ferrit, Legierungen aus Eisen, Chrom, Nickel, usf.. Die magnetische Kopplung kann eine ferromagnetische Austauschwechselwirkung bezeichnen, die sich über den gesamten Bereich des Spulenjochs ausbildet.

Es ist möglich, dass die mindestens drei Spulen in einer Spulenebene angeordnet sind und dass benachbarte Spulen innerhalb der Spulenebene unter Winkeln von ungefähr  $120^\circ$  angeordnet sind. Z.B. können benachbarte Spulen unter Winkeln von  $120^\circ \pm 10^\circ$ , vorzugsweise  $\pm 5^\circ$ , besonders vorzugsweise  $\pm 0,5^\circ$  angeordnet sein. Es kann dann möglich sein, mit einer vergleichsweise einfachen Ansteuerung der Spulen (z.B. mit um  $120^\circ$  phasenversetzten Wechselspannungen) das rotierende elektromagnetische Feld zu erzeugen. Im Allgemeinen sind aber auch andere Winkel, die benachbarte Spulen innerhalb der Spulenebene miteinander einschließen, möglich. Wenn die Spulen innerhalb der Spulenebene angeordnet sind, kann dies bedeuten, dass die Spulen (bzw. deren Zentralachsen) keinen oder nur einen geringen Winkel, z.B.  $\pm 10^\circ$ , vorzugsweise  $\pm 5^\circ$ , besonders vorzugsweise  $\pm 1^\circ$ , mit Vektoren einschließen, die die Spulenebene aufspannen.

Es kann möglich sein, bei unterschiedlichen Winkeln benachbarter Spulen innerhalb der Spulenebene eine Phasenverschiebung der Wechselspannungen zur Ansteuerung der verschiedenen Spulen entsprechend an die unterschiedlichen Winkel anzupassen, so dass ein rotierendes elektromagnetisches Feld erzeugt wird, welches eine konstante Winkelgeschwindigkeit aufweist.

Es ist auch möglich, z.B. vier oder sechs oder mehr Spulen zu verwenden, welche in der Spulenebene unter vorgegebenen Winkeln zu benachbarten Spulen angeordnet sind. Rein illustrativ und nicht limitierend können vier (sechs) Spulen unter Winkeln von  $90^\circ$  ( $60^\circ$ ) angeordnet sein. Weitere entsprechende symmetrische Konfigurationen, bei welchen benachbarte Spulen immer gleiche Winkel zueinander aufweisen, sind möglich.

Obenstehend wurden Szenarien beschrieben, bei denen alle Spulen innerhalb einer Spulenebene liegen. Eine solche Spulenebene kann eine Rotationsebene des rotierenden elektromagnetischen Felds bestimmen. Es sind aber auch Szenarien möglich, in denen einzelne oder mehrere Spulen außerhalb der Spulenebene, die durch mindestens zwei Spulen definiert wird, liegen. In anderen Worten können einzelne oder mehrere Spulen gegenüber der Spulenebene verkippt sein. Auch in einem solchen Fall kann es möglich sein, dass die Spulenebene die Rotationsebene definiert.

Es ist möglich, dass das ferromagnetische Spulenjoch durchgängig innerhalb der mindestens drei Spulen angeordnet ist, und dass die Spulenanordnung weiterhin mindestens drei Kondensatoren, welche jeweils in Reihe mit einer der mindestens drei Spulen geschaltet sind, und ein Gehäuse mit äußeren elektrischen Kontakten und mechanischen Haltern umfasst. In anderen Worten kann jede Spule in Reihe (Serienschaltung) mit einem Kondensator geschaltet sein. Die Werte der Induktivität der Spule und der Kapazität des Kondensators können dann in einer dem Fachmann bekannten Art und Weise eine Frequenz des jeweils erzeugten elektromagnetischen Felds bestimmen. Die Frequenz kann z.B. in einem Bereich von 100 kHz bis 10 MHz, vorzugsweise bis 1 MHz liegen, besonders vorteilhaft 125 kHz oder 1 MHz betragen.

Es ist möglich, dass pro Spule zwei oder mehr Spulenwicklungen jeweils mit einer Anzahl an Windungen vorhanden sind, die gemeinsam oder getrennt angesteuert werden können und dass die Spulenanordnung weiterhin mindestens drei weitere Kondensatoren, die jeweils parallel zu einer der zwei oder mehr Spulenwicklungen pro Spule geschaltet sind, umfasst. Derart kann es möglich sein, in einer Spule mehrere getrennt elektrisch kontaktierbare Spulenwicklungen und daher unterschiedlichen Induktivitäten vorzuhalten. Es können daher mehrere Schwingkreise mit unterschiedlichen Resonanzfrequenzen zur Verfügung stehen. Die Spulenanordnung kann daher elektromagnetische Felder mit unterschiedlichen Frequenzen aussenden. Darüber hinaus kann durch Parallelschalten der weiteren Kondensatoren jeweils mit einer Spulenwicklung ein Betrieb der Spulenanordnung mit einer vergleichsweise, insbesondere zur Serienschaltung mit Kondensatoren, geringen Leistungsaufnahme erhalten werden. Dies kann insbesondere bei Anwendungen, bei denen nur ein begrenztes Energiereservoir zur Verfügung steht, Vorteile aufweisen.

Im Allgemeinen kann es möglich sein, dass die mindestens einen Spulenwicklungen der mindestens drei Spulen jeweils gleiche Geometrien und / oder Windungen aufweisen. In anderen Worten können die mindestens drei Spulen von gleicher Art und gleichem Typ sein. Es kann daher möglich sein, mittels einer besonders einfachen Bestromung das rotierende elektromagnetische Feld zu erzeugen, welches z.B. eine konstante Winkelgeschwindigkeit der Rotation aufweist.

Voranstehend wurde vornehmlich Bezug auf eine Spulenanordnung mit mindestens drei Spulen genommen. Es ist möglich, mehrere solche Spulenanordnungen kombiniert als Ortungssystem für einen Empfänger zu betreiben.

Gemäß einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung ein Ortungssystem zum Bestimmen einer Position eines Identifikationsgebers für ein Fahrzeug, wobei das Ortungssystem mindestens eine Spulenanordnung gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung umfasst, wobei die mindestens eine Spulenanordnung eingerichtet sind, jeweils als Sender für mindestens zwei elektromagnetische Felder betrieben und ein weiteres elektromagnetisches Feld zu werden. Dabei weist eine Amplitude von jedem der mindestens zwei elektromagnetischen Felder eine Anisotropie in einer Ebene auf. Die Anisotropie ist statisch in der Ebene ausgerichtet. Die Amplitude des weiteren elektromagnetischen Felds weist eine Anisotropie in der Ebene auf, wobei die Anisotropie als Funktion der Zeit in der Ebene rotiert. Das Ortungssystem umfasst weiterhin den Identifikationsgeber mit einer Empfangsspule, wobei der Identifikationsgeber eingerichtet ist, als Empfänger für die mindestens zwei elektromagnetischen Felder und das weitere elektromagnetische Feld betrieben zu werden.

Zum Beispiel kann das Ortungssystem eingerichtet sein, um die Position des Identifikationsgebers in einem Außenraum des Fahrzeugs zu bestimmen. Alternativ oder zusätzlich kann das Ortungssystem eingerichtet sein, um die Position in einem Innenraum des Fahrzeugs zu bestimmen.

Zum Beispiel kann also eine Frequenz der Empfangsspule abgestimmt sein auf die Frequenzen der mindestens zwei Spulenanordnungen. Es können vorzugsweise z.B. drei oder vier Spulenanordnungen vorgesehen sein. Sofern mehr als zwei Spulenanordnungen eingesetzt werden, können diese gegeneinander beabstandet montiert sein. Zum Beispiel kann ein solches Ortungssystem zum Durchführen des Verfahrens gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung eingerichtet sein.

Das Ortungssystem kann weiterhin ein Steuergerät umfassen, welches eingerichtet ist, die Spulenanordnung zum Aussenden des jeweiligen elektromagnetischen Felds in einer vorgegebenen Abfolge anzusteuern.

Das Steuergerät kann z.B. eine zentrale Rechneinheit des Fahrzeugs sein. Z.B. kann das Steuergerät als Hardware oder Software oder eine Kombination darauf auf der zentralen Rechneinheit des Fahrzeugs implementiert sein.

Es ist möglich, dass das Steuergerät über ein Bussystem mit der Spulenanordnungen gekoppelt ist und dass die Spulenanordnung mit einer Versorgungsleitung gekoppelt ist und dass die Spulenanordnungen eingerichtet ist, um ein Steuersignal des Steuergeräts über das Bussystem zu empfangen und in Abhängigkeit des Steuersignals das rotierende

elektromagnetische Feld zu erzeugen, wobei die Energie zum Aussenden des rotierenden elektromagnetischen Felds über die Versorgungsleitung erhalten wird.

Z.B. könnte die Spulenordnungen eine Rechereinheit als Schnittstelle zur Kommunikation mit dem Steuergerät über das Bussystem umfassen. Die Rechereinheit kann eingerichtet sein, das Steuersignal zu empfangen und zu verarbeiten.

Die Versorgungsleitung kann z.B. ein Bordnetz eines Fahrzeugs sein. Die Versorgungsleitung kann z.B. andere Strom-Spannungs-Verhältnisse aufweisen, als zur Ansteuerung der Spulen der Spulenordnungen zum Erzeugen der elektromagnetischen Felder nötig ist. Z.B. kann die Versorgungsleitung eine 12 V Gleichspannung zur Verfügung stellen. Daher können die Spulenordnungen einen Schaltkreis zur Strom-Spannungswandlung aufweisen, also eine Wechselspannungsquelle. Derart kann es z.B. möglich sein, die Spulenordnung dezentral mit Energie zur Erzeugung der elektromagnetischen Felder zu versorgen. Als Effekt kann eine vereinfachte Systemarchitektur erzielt werden – insbesondere kann es entbehrlich sein, dedizierte Versorgungsleitungen von dem Steuergerät zu den einzelnen Spulenordnungen vorzuhalten. Die Spulenordnungen können als Reaktion auf eine Anweisung des Steuergeräts über das Bussystem selektiv Energie aus dem Bordnetz entnehmen um die elektromagnetischen Felder zu erzeugen. Typischerweise sind Versorgungsleitungen des Bordnetzes ohnehin in verschiedenen Bereichen des Fahrzeugs vorhanden, sodass keine größeren baulichen Veränderungen notwendig sein können.

Die oben dargelegten Merkmale und Merkmale, die nachfolgend beschrieben werden, können nicht nur in den entsprechenden explizit dargelegten Kombination verwendet werden, sondern auch in weiteren Kombination oder isoliert ohne den Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

#### KURZBESCHREIBUNG DER FIGUREN

Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden, wobei

FIG. 1 eine Aufsicht auf eine Spulenordnung für ein Ortungssystem ist, wobei die Spulenordnung drei Spulen mit jeweils zwei Spulenwicklungen aufweist;

FIG. 2A eine Aufsicht auf eine Spulenordnungen wie in FIG. 1 ist, bei der eine Spule gegenüber einer Spulenebene verkippt ist;

FIG. 2B eine Seitenansicht der Spulenordnung aus FIG. 2A ist;

FIG. 3A das phasenversetzte Bestromen der Spulen der Spulenordnung der FIG. 1 als Funktion der Zeit zum Aussenden eines rotierenden elektromagnetischen Felds darstellt;

FIG. 3B das phasengleiche Bestromen der Spulen der Spulenordnung der FIG. 1 als Funktion der Zeit zum Aussenden eines nicht-rotierenden elektromagnetischen Felds darstellt;

FIG. 4 ein Isokonturplot der Amplitude der magnetischen Feldkomponente des von der Spulenordnung der FIG. 1 bei Bestromung gemäß FIG. 3A erzeugten rotierenden elektromagnetischen Felds zu einem bestimmten Zeitpunkt ist, wobei weiterhin eine Anisotropie des rotierenden elektromagnetischen Felds dargestellt ist;

FIG. 5 die Rotation der Anisotropie des rotierenden elektromagnetischen Felds gemäß FIG. 4 in einer Rotationsebene illustriert;

FIG. 6 eine gemessene Amplitude der magnetischen Feldkomponente des rotierenden elektromagnetischen Felds gemäß FIG. 4 an zum Sender beabstandeten Punkten innerhalb und außerhalb der Rotationsebene als Funktion der Zeit darstellt;

FIG. 7A eine Abklingrate eines Zeitmittelwerts der Amplitude des rotierenden elektromagnetischen Felds für zunehmende Entfernung zum Sender bei unterschiedlichen Sendeleistungen illustriert;

FIG. 7B das schrittweise Erhöhen der Sendeleistung des rotierenden elektromagnetischen Felds im Rahmen einer entsprechenden Zeitabhängigkeit illustriert;

FIG. 8A eine elektrische Schaltung einer zwei Spulenwicklungen und zwei Kondensatoren umfassenden Spule illustriert;

FIG. 8B eine Abklingrate der Amplitude des elektromagnetischen Felds für unterschiedliche Betriebsarten der elektrischen Schaltung der FIG. 8A bzw. für zunehmende Entfernung zum Sender bei unterschiedlichen Frequenzen illustriert;

FIG. 8C eine Wechselspannungs-Quelle schematisch illustriert, die mit einem Bordnetz und den Spulen der Spulenordnung verbunden ist;

FIG. 9A eine perspektivische Ansicht der Spulenordnung der FIG. 1 in einem Gehäuse ist;

FIG. 9B eine Aufsicht von oben auf die Spulenordnung mit Gehäuse der FIG. 9A ist;

FIG. 9C eine Aufsicht von unten auf die Spulenordnung mit Gehäuse der FIG. 9A ist;

FIG. 9D eine perspektivische Ansicht der Spulenordnung der FIG. 9A ist, wobei die Spulenordnung auf einer Leitplatte befestigt ist;

FIG. 9E eine weitere perspektivische Ansicht der Spulenanordnung der FIG. 9A ist, wobei die Spulenanordnung auf einer Leitplatte befestigt ist;

FIG. 9F eine Seitenansicht der Spulenanordnung der FIG. 9D und 9E ist;

FIG. 10A eine perspektivische Ansicht der Spulenanordnung der FIG. 1 in einer alternativen Ausführungsform des Gehäuses ist;

FIG. 10B eine Aufsicht von oben auf die Spulenanordnung mit der alternativen Ausführungsform des Gehäuse der FIG. 10A ist;

FIG. 10C eine Aufsicht von unten auf die Spulenanordnung mit der alternativen Ausführungsform des Gehäuse der FIG. 10A ist;

FIG. 10D eine perspektivische Ansicht der Spulenanordnung der FIG. 1 mit der alternativen Ausführungsform des Gehäuses ist, wobei die Spulenanordnung auf einer Leitplatte befestigt ist;

FIG. 10E eine Seitenansicht der Spulenanordnung der FIG. 1 mit der alternativen Ausführungsform des Gehäuses ist, wobei die Spulenanordnung auf einer Leitplatte befestigt ist;

FIG. 11 eine Aufsicht auf eine auf einer Leiterplatte integrierten Ausführungsform der Spulenanordnung ist, in der die Spulen durch Leiterbahnen ausgebildet sind;

FIG. 12 eine schematische Skizze eines vorbekannten Ortungssystems für einen Identifikationsgeber eines Fahrzeugs ist;

FIG. 13 eine schematische Skizze eines Ortungssystem für einen Identifikationsgeber eines Fahrzeugs, der einen Empfänger implementiert, gemäß verschiedener Ausführungsformen ist, wobei das Ortungssystem eine einzige Spulenanordnung als Sender umfasst;

FIG. 14 eine bauliche Anordnung verschiedener Komponenten des Ortungssystems der FIG. 13 in dem Fahrzeug darstellt;

FIG. 15 das Bestimmen der Entfernung und der Winkelanzordnung des Empfängers gegenüber der Spulenanordnung illustriert;

FIG. 16 ein Flussdiagramm eines Verfahrens gemäß verschiedener Ausführungsformen ist;

FIG. 17 ein Polarplot von nicht-rotierenden elektromagnetischen Feldern mit zweizähliger Anisotropie ist;

FIG. 18A ein 360°-Linienplot der Anisotropie der FIG. 17 ist;

FIG. 18B ein 180°-Linienplot der Anisotropie der FIG. 17 ist, wobei das Bestimmen der Winkelanordnung des Empfängers gegenüber dem Sender illustriert ist;

FIG. 19 eine 180°-Zweideutigkeit beim Bestimmen der Winkelanordnung des Empfängers gegenüber dem Sender in dem Szenario der FIGs. 18A und 18B für ein Ortungssystem, welches zwei Spulenanordnungen umfasst, illustriert;

FIG. 20 eine Richtung einer Magnetfeldlinie eines nicht-rotierenden elektromagnetischen Felds an der Position des Empfängers und das Auflösen der 180°-Zweideutigkeit basierend auf der Richtung der Magnetfeldlinie illustriert; und

FIG. 21 einen Polarplot von nicht-rotierenden elektromagnetischen Feldern mit einer einzähligen Anisotropie illustriert.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSFORMEN

Nachfolgend wird die vorliegende Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder ähnliche Elemente. Die Figuren sind schematische Repräsentationen verschiedener Ausführungsformen der Erfindung. In den Figuren dargestellte Elemente sind nicht notwendigerweise maßstabsgetreu dargestellt. Vielmehr sind die verschiedenen in den Figuren dargestellten Elemente derart wiedergegeben, dass ihre Funktion und genereller Zweck dem Fachmann verständlich wird. In den Figuren dargestellte Verbindungen und Kopplungen zwischen funktionellen Einheiten und Elementen können auch als indirekte Verbindung oder Kopplung implementiert werden. Eine Verbindung oder Kopplung kann drahtgebunden oder drahtlos implementiert sein. Funktionale Einheiten können als Hardware, Software oder eine Kombination aus Hardware und Software implementiert werden.

Nachfolgend werden Techniken erläutert, welche es ermöglichen, eine Winkelanordnung eines Empfängers gegenüber einem Sender basierend auf den Amplituden von mindestens zwei elektromagnetischen Feldern an der Position des Empfängers zu bestimmen. Dabei werden die mindestens zwei elektromagnetischen Felder derart ausgesendet, dass sie eine Anisotropie in einer Ebene aufweisen, die jeweils statisch in dieser Ebene ausgerichtet ist. Deshalb wird nachfolgend auf die mindestens zwei elektromagnetischen Felder auch als nicht-rotierende elektromagnetische Felder Bezug genommen.

Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, die Entfernung zwischen dem Empfänger und dem Sender zu bestimmen. Dies kann basierend auf einem Zeitmittelwert der Amplitude eines weiteren elektromagnetischen Felds an der Position des Empfängers geschehen. Dabei wird

das weitere elektromagnetische Feld derart ausgesendet, dass es eine Anisotropie in der Ebene aufweist, die als Funktion der Zeit in der Ebene rotiert. Deshalb wird nachfolgend auf das weitere elektromagnetische Feld auch als rotierendes elektromagnetisches Feld Bezug genommen.

Im Allgemeinen können unterschiedlichste Sender eingesetzt werden, um die nicht-rotierenden elektromagnetischen Felder und das rotierende elektromagnetische Feld zu erzeugen. Insbesondere kann ein und derselbe Sender eingesetzt werden, um die nicht-rotierenden elektromagnetischen Felder und das rotierende elektromagnetische Feld zu erzeugen. Um die nicht-rotierenden elektromagnetischen Felder und das rotierende elektromagnetische Feld auszusenden kann z.B. eine Spulenanordnung als Sender verwendet werden. Die Spulenanordnung kann mehrere Spulen umfassen, die in der Ebene angeordnet sind. Indem der Stromfluss durch die Spulen der Spulenanordnung erhöht wird, kann die Sendeleistung erhöht werden. Derart kann es möglich sein, die Entfernung, innerhalb derer die Winkelordnung und / oder die Entfernung noch bestimmt werden kann (Messbereich), zu erhöhen. Der Messbereich kann auch erhöht werden, indem die nicht-rotierenden und / oder das rotierende elektromagnetische Feld mit Frequenzen ausgesendet werden, die eine besonders geringe Abklingrate aufweisen.

Das Bestimmen von Winkelordnung und / oder Entfernung des Empfängers in Bezug auf den Sender wird auch als Positionsbestimmung des Empfängers bezeichnet. Es ist also möglich, durch Kombination der nicht-rotierenden elektromagnetischen Felder mit dem rotierenden elektromagnetischen Feld eine umfassende Positionsbestimmung des Empfängers in Bezug auf den Sender vorzunehmen. Dabei kann die Positionsbestimmung mit einer gewissen Genauigkeit stattfinden; diese Genauigkeit kann je nach betrachtetem Szenario größer oder kleiner sein. Z.B. kann es in verschiedenen Szenarien mit geringer Genauigkeit ausreichend sein, wenn die Winkelordnung nur mit einer 180°-Zweideutigkeit bestimmt werden kann. In anderen Szenarien mit hoher Genauigkeit kann die Winkelordnung eindeutig, d.h. z.B. ohne 180°-Zweideutigkeit, bestimmt werden. In verschiedenen Szenarien mit geringer Genauigkeit kann es z.B. ausreichend sein, zu bestimmen, ob sich der Empfänger innerhalb oder außerhalb eines vorgegebenen Umgebungsbereichs des Senders befindet.

Insbesondere kann es möglich sein, die Position des Empfängers in einem Polarkoordinatensystem aufzufinden. Dazu kann die Entfernung  $r$  Winkel-unabhängig durch phasenversetztes Bestromen mehrerer Spulen der Spulenanordnung erfolgen. Dies kann zum Beispiel kombiniert werden mit dem schrittweise Erhöhen der Sendeleistung. Dabei kann die Sendeleistung so lange erhöht werden, bis der Empfänger eine geeignete Empfangsfeldstärke bzw. Amplitude für die gute Ausnutzung des Aussteuerungsbereiches

eines Magnetfeldsensors detektiert. Der Winkel  $\alpha$  der Winkelanordnung kann durch die  $\alpha$ -abhängige Empfangsfeldstärke bzw. Amplitude der nicht-rotierenden magnetischen Felder an der Position des Empfängers beim Bestromen einer einzelnen Spule der Spulenanordnung bzw. dem phasengleichen Bestromen von zwei oder mehr Spulen der Spulenanordnung bestimmt werden.

Die Techniken der Positionsbestimmung des Empfängers weisen typischerweise keine Abhängigkeit von der Orientierung des Empfängers auf; zum Beispiel kann es unerheblich sein, wie der Empfänger gedreht/verkippt im Raum angeordnet ist. Dazu kann der Empfänger speziell ausgestaltet sein, z.B. als 3D Spule.

Insbesondere kann es mittels der hierin beschriebenen Techniken möglich sein, die Winkelanordnung des Empfängers gegenüber dem Sender besonders genau zu bestimmen. Zum Beispiel kann die Winkelanordnung mit einem Unsicherheitsbereich von  $\pm 10^\circ$  bestimmt werden. Diese Genauigkeit kann zum Beispiel weiter erhöht werden, indem Fehlerkorrektur-Kalibrationsmaßnahmen vorgenommen werden. Mittels geeigneter Kalibration kann zum Beispiel ein Einfluss von ferromagnetischen Werkstoffen im Bereich zwischen dem Sender und dem Empfänger auf die Messung reduziert werden. Im allgemeinen kann die Positionsbestimmung in verschiedenen Szenarien mit einer geringeren Genauigkeit als in weiteren Szenarien durchgeführt werden; zum Beispiel wäre es in einem einfachen Szenario möglich, die Position mit einer vergleichsweise geringen Genauigkeit zu bestimmen, indem lediglich zwischen der Anwesenheit/Abwesenheit des Empfängers in einem vorgegebenen Umgebungsbereich des Senders unterschieden wird.

In FIG. 1 ist eine Aufsicht auf eine Spulenanordnung 200, die drei Spulen 210a, 210b, 210c umfasst, dargestellt. Diese Spulenanordnung 200 kann dazu verwendet werden, das rotierende elektromagnetische Feld und die nicht rotierenden elektromagnetischen Felder zu erzeugen. Die Spule 210a weist zwei Spulenwicklungen 212a, 212b auf. Die Spule 210b weist zwei Spulenwicklungen 212c, 212d auf. Die Spule 210c weist zwei Spulenwicklungen 212e, 212f auf. Die Spulenwicklungen 212a-212f sind jeweils um einen von drei Armen 211a, 211b, 211c eines ferromagnetischen Spulenjochs 211 gewickelt und können elektrisch separat ankontaktiert werden. Das Spulenjoch kann z.B. aus Eisen, Nickel, Chrom, Oxiden oder Legierungen aus diesen Materialien bestehen. Die Arme 211a, 211b, 211c weisen einen kreisförmigen Querschnitt auf und sind daher zylinderförmig. Sie können einen Durchmesser von 3 mm-30 mm, vorzugsweise von 6 mm aufweisen. Die Form der Arme ist variabel. Sie erstrecken sich radial von einem Zentrum der Spulenanordnung 200. Das Spulenjoch ist durchgängig und weist deshalb insbesondere keine großen Lücken oder Spalte auf – daher kann sich eine magnetische Kopplung (in Form einer ferromagnetischen Austauschwechselwirkung, die einen großen magnetischen Fluss bewirkt) zwischen den drei

Spulen 210a, 210b, 210c aufbauen. Je nach gewünschter Induktivität (und damit Frequenz des elektromagnetischen Felds) kann eine unterschiedliche Windungsanzahl gewählt werden.

Der magnetische Fluss kann an verschiedenen Punkten der Spulenordnung 200 unterschiedliche Werte annehmen. Durch die Bauform der Spulenordnung 200 lassen sich diese Werte vorgeben. Z.B. kann in dem Zentrum der Spulenordnung 200 der magnetische Fluss einen Wert Null oder nahe Null annehmen, d.h. einen sehr geringen Wert.

Wie aus FIG. 1 ersichtlich, liegen die Spulen 210a, 210b, 210c alle in einer Ebene. In den FIGs. 2A und 2B ist eine alternative Implementierung gezeigt, in der die Spule 210c gegenüber dieser Ebene (Spulenebene) um einen Winkel  $\beta$  verkippt ist. Dadurch kann eine geringe Abmessung der Spulenordnung 200 in der Spulenebene erreicht werden. Der Winkel  $\beta$  kann z.B. in einem Bereich von  $20^\circ$ - $30^\circ$  liegen.

Wieder Bezug nehmend auf FIG. 1 schließt die Spule 210a mit der Spule 210b einen Winkel 213a ein. Die Spule 210b schließt mit der Spule 210c einen Winkel 213b ein. Die Spule 210c schließt mit der Spule 210a einen Winkel 213c ein. Diese Winkel 213a, 213b, 213c erstrecken sich jeweils innerhalb der Spulenebene. In der Implementierung der FIG. 1 nehmen diese Winkel 213a, 213b, 213c gleiche Werte ein, nämlich  $120^\circ$ . Mit anderen Worten hat die Spulenordnung 200 der FIG. 1 eine sternförmige Konfiguration. Während in der FIG. 1 eine hochsymmetrische Implementierung gezeigt ist, ist es im Allgemeinen jedoch möglich, dass die verschiedenen Winkel 213a, 213b, 213c unterschiedliche Werte annehmen - dies kann insbesondere dann erstrebenswert sein, wenn eine Bauform der Spulenordnung 200 aufgrund von baulichen Beschränkungen bestimmten Limitationen unterliegt. Die Winkel 213a, 213b, 213c sind nicht besonders limitiert und können verschiedenste Werte annehmen. Z.B. könnten die Winkel 213a – 213b – 213c jeweils folgende Werte annehmen:  $180^\circ - 90^\circ - 90^\circ$ ;  $200^\circ - 80^\circ - 80^\circ$ ,  $160^\circ - 100^\circ - 100^\circ$ .

Wie in FIGs. 2A und 2B gezeigt, können einzelne Spulen 210c aus der Spulenebene verkippt werden. Dadurch können die lateralen Abmessungen der Spulenordnung 200, d.h. die Dimensionen innerhalb der von den Spulen 210a, 210b aufgespannten Spulenebene, reduziert werden. Da jedoch eine Komponente des von der Spule 210c erzeugten zeitabhängigen elektromagnetischen Felds noch innerhalb der Spulenebene liegt, kann mit der Spulenordnung 200 der FIGs. 2A und 2B ein elektromagnetisches Feld erzeugt werden, welches mit dem elektromagnetischen Feld der Spulenordnung 200 der FIG. 1 vergleichbar ist.

Während in den FIG. 1, 2A, 2B jeweils Fälle gezeigt sind, in denen die Spulenanordnungen 200 drei Spulen 210a, 210b, 210c umfassen, so ist es im Allgemeinen möglich, mehr Spulen zu verwenden. Zum Beispiel ist eine Implementierung denkbar, bei der die Spulenanordnung 200 vier (sechs) Spulen umfasst, welche jeweils innerhalb der Spulenebene einen Winkel von  $90^\circ$  ( $60^\circ$ ) zueinander einschließen. In dem Szenario der FIG. 1 umfasst die Spulenanordnung 200 eine Anzahl von drei Spulen 210a, 210b, 210c; im Allgemeinen ist es möglich, dass die Spulenanordnung 200 eine größere Anzahl von Spulen aufweist, zum Beispiel sechs Spulen. Insbesondere in einer solchen Implementierung ist es möglich, dass in der Spulenebene benachbarte Paare der mehreren Spulen jeweils einen Winkel im Bereich von  $30^\circ$  bis  $90^\circ$  zueinander aufweisen, bevorzugt einen Winkel im Bereich von  $60^\circ$  zueinander aufweisen. In der Spulenebene benachbarte Paare der mehreren Spulen können also U-förmig angeordnet sein und einen U-Magneten ausbilden; der U-Magnet kann ein elektromagnetisches Feld mit Richtwirkung erzeugen.

Voranstehend wurde vornehmlich auf bauliche Merkmale der Spulenanordnung 200 Bezug genommen. Nachfolgend wird erläutert, wie es möglich ist, mittels solcher Spulenanordnungen 200 das rotierende elektromagnetische Feld zu erzeugen und die nicht-rotierende elektromagnetischen Felder zu erzeugen. Das rotierende elektromagnetische Feld wird durch eine phasenversetzte Überlagerung der von den einzelnen Spulen 210a, 210b, 210c ausgesendeten elektromagnetischen Feldern erzeugt. Das rotierende elektromagnetische Feld kann hierbei ein solches Feld bezeichnen, bei dem Punkte gleicher Phase des elektromagnetischen Felds als Funktion der Zeit um die Spulenanordnung 200 (etwa deren Mittelpunkt 201, siehe FIG. 1) rotieren. Entsprechend kann das rotierende elektromagnetische Feld ein solches Feld bezeichnen, bei dem Punkte gleicher Amplitude als Funktion der Zeit um die Spulenanordnung 200 rotieren; dies kann gleichbedeutend mit einer Rotation der Anisotropie des elektromagnetischen Feldes sein.

Zur Erzeugung der nicht-rotierenden elektromagnetischen Felder und des rotierenden elektromagnetischen Felds werden die Spulen 210a-210c zusammen mit einem Kondensator (in FIGs. 1 – 3 nicht gezeigt) als Schwingkreis angesteuert.

In Bezug auf die FIG. 3A wird zunächst eine Implementierung diskutiert, bei dem die gesamten Spulen 210a, 210b, 210c der Spulenanordnung 200 der FIG. 1, d.h. jeweils die Spulenwicklungen 212a, 212b und 212c, 212d und 212e, 212f kombiniert, bestromt werden. Dies erzeugt das rotierende elektromagnetische Feld. In FIG. 3 ist der Stromfluss 85 durch die Spulen 210a, 210b, 210c als Funktion der Zeit aufgetragen. Ein solcher Stromfluss kann durch eine entsprechende Wechselspannung erreicht werden. Wie aus FIG. 3 ersichtlich, weisen die Wechselspannungen / der Stromfluss 85 eine Phasendifferenz von  $120^\circ$  auf – also entsprechend der Winkel 213a, 213b, 213c. D.h. die Spulen 210a, 210b, 210c werden

phasenversetzt bestromt. Die Wechselspannung 85 kann z.B. durch einen Strom-Spannungs-Wandler, der die Spulenordnung 200 mit einem 12 V Gleichspannungsnetz eines Fahrzeugs verbindet, erzeugt werden. Die Wechselspannung 85 kann dann an die innersten und äußersten Kontakte eines mit der jeweiligen Spule 210a-210c assoziierten Arms angelegt werden. Denn Fig. 3A dargestellte Stromfluss bewirkt, dass das resultierende elektromagnetische Feld rotiert.

In Fig. 3B ist ein Szenario dargestellt, bei dem das resultierende elektromagnetische Feld eine Anisotropie in der Spulenebene aufweist, die statisch angeordnet ist; d.h., das resultierende elektromagnetische Feld rotiert nicht. Aus Fig. 3B ist ersichtlich, dass hierzu die Spulen 210a, 210b phasengleich bestromt werden. Alternativ wäre es auch möglich, dass zum Beispiel lediglich eine der Spulen 210a, 210b, 210c bestromt wird.

Eine Bestromung der Spulen 210a, 210b, 210c gem. FIG. 3A bewirkt also, dass das rotierende elektromagnetische Feld 80 ausgesendet wird, wie es durch die in FIG. 4 aufgetragene Amplitude 81 der magnetischen Feldkomponente charakterisiert ist (in FIG. 4 sind insbesondere Magnetfeldlinien aufgetragen). FIG. 4 zeigt das rotierende elektromagnetische Feld 80 zum Zeitpunkt  $t_1$  (die Rotation ist nicht erkennbar). Die Amplitude des rotierenden elektromagnetischen Felds 80 weist eine Symmetrie auf, die derjenigen der Spulenordnung entspricht. Insbesondere weist das rotierende elektromagnetische Feld 80 eine dreizählige Anisotropie 580 auf; Punkte maximaler Amplitude sind dabei mittig zwischen benachbarten Spulen 210a, 210b, 210c angeordnet. Die Anisotropie 580 weist eine  $120^\circ$ -Periodizität auf. Der Plot der FIG. 4 stellt das rotierende elektromagnetische Feld 80 insbesondere innerhalb der Spulenebene dar.

Es sollte verstanden werden, dass es möglich ist, ein rotierendes elektromagnetisches Feld 80 gleich dem in FIG. 4 aufgetragenen auch mit anderen Konfigurationen der Spulenordnung 200 zu erzeugen, die anders sind, als die in FIG. 1 dargestellte. Sind zum Beispiel die Winkel 213a-213c benachbarter Spulen 210a, 210b, 210c anders als die 120 der FIG. 1, so kann die Wechselspannung 85, insbesondere eine Phasenverschiebung, entsprechend angepasst werden (siehe FIG. 3). Dadurch kann die Änderung der benachbarten Winkel 213a, 213b, 213c kompensiert werden und eine Situation wie in FIG. 4 gezeigt aufrechterhalten werden. Entsprechendes gilt wenn, wie in FIG. 2 dargestellt, einzelne Spulen 210c aus der Spulenebene herausgekippt sind. Hierbei kann es möglich sein, die Projektion der entsprechenden Spule 210c in die Spulenebene zu berücksichtigen.

In Bezug auf die FIG. 5 wird nachfolgend die Rotation der Anisotropie 580 des rotierenden elektromagnetischen Felds 80 als Funktion der Zeit diskutiert. Dargestellt ist das rotierende elektromagnetische Feld 80 zu vier verschiedenen Zeitpunkten  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ,  $t_4$  (siehe auch FIG. 3A). Untenstehend in FIG. 5 ist darüber hinaus die Phase 82 des rotierenden

elektromagnetischen Felds 80 aufgetragen. Eine Zunahme der Phase 82 für zunehmende Zeiten ist sichtbar (Phasenakkumulation). Wie aus FIG. 5 ersichtlich, rotiert die Anisotropie 580 des rotierenden elektromagnetischen Feld 80 innerhalb der Spulenebene um die Spulenanordnung 200. Die Spulenebene ist daher koinzident mit der Rotationsebene. Während in FIG. 5 eine Situation gezeigt ist, in der das rotierende elektromagnetische Feld 80 eine konstante Amplitude als Funktion des Winkels/der Phase aufweist, kann – z.B. in Abhängigkeit der Bauform der Spulenanordnung 200 – die Amplitude 81 des rotierenden elektromagnetischen Feldes 80 auch eine Abhängigkeit von der Phase aufweisen. Als bildliche Analogie zu der Betriebsweise der Spulenanordnung 200 zum Erzeugen des rotierenden elektromagnetischen Felds 80 kann der Drehstrommotor gesehen werden.

In FIG. 6 ist eine Messung der Amplitude 81 der magnetischen Feldkomponente des rotierenden elektromagnetischen Felds 80 an einem Punkt P (siehe auch FIG. 5) im Außenraum der Spulenanordnung 200 und innerhalb der Rotationsebene beispielhaft aufgetragen. In FIG. 6 ist weiterhin eine Messung der Amplitude 81 für einen Punkt P' dargestellt (gestrichelte Linie) der gegenüber der Rotationsebene beabstandet ist und dessen Projektion in die Rotationsebene koinzident mit dem Punkt P ist. Die Differenz der Amplitude 81 zwischen den Punkten P und P' ist ein Maß für den Abstand des Punkts P' zur Rotationsebene. Die Amplitude 81 ist proportional zu einer Feldstärke des rotierende elektromagnetische Felds 80. Wie ersichtlich ist, variiert die Amplitude sinus-förmig (durchgezogene Linie).

Die Messung der FIG. 6 ist nicht abhängig von einer Orientierung des Empfängers im Raum. Der Empfänger weist dazu eine 3D Spule auf, die Messungen entlang aller Raumrichtungen kombiniert bereitstellt.

Die gemessene Amplitude 81 kann beschrieben werden durch die Funktion:

$$x(t) = A \sin(2\pi f t), \quad (1)$$

wobei A die Amplitude 81, f die Rotationsfrequenz und t die Zeit bezeichnet.

Z.B. kann die Amplitude 81 in Magnetfeld-Messdaten von dem Empfänger an ein Steuergerät übertragen werden, z.B. drahtlos.

Es ist möglich, den Zeitmittelwert 190 (gestrichelt-gepunktete Linie) basierend auf der Amplitude 81 zu bestimmen. In dem Szenario der Fig. 6 wird insbesondere der Zeitmittelwert 190 als Gleichrichtmittelwert bestimmt:

$$\tilde{x} = \frac{A}{\sqrt{2}} \quad (2)$$

Der Zeitmittelwert 190 hängt nicht von der Winkelanordnung des Punkts P gegenüber der Spulenanordnung 200 ab.

In verschiedenen Szenarien ist es möglich, direkt den Gleichrichtmittelwert zu messen. Auch in einem solchen Szenario können Magnetfeld-Messdaten erhalten werden, die aufgrund des Zusammenhanges der oben genannten Gleichung 2 indikativ für die Amplitude 81 des rotierenden elektromagnetischen Felds 80 sind.

Während in Bezug auf Gl. 2 der Gleichrichtmittelwert als Zeitmittelwert der Amplitude betrachtet wird, kann im Allgemeinen eine andere Zeitmittelung stattfinden.

Basierend auf der gemessenen Amplitude 81 bzw. basierend auf dem Gleichrichtmittelwert 190 ist es dann möglich, die Entfernung zwischen dem Empfänger und der Spulenanordnung 200 zu bestimmen. Aspekte des Bestimmens der Entfernung basierend auf dem Gleichrichtmittelwert 190 sind in Bezug auf die Fig. 7A dargestellt. In der Fig. 7A ist der Gleichrichtmittelwert 190 als Funktion der Entfernung  $r$  zwischen dem Empfänger und der Spulenanordnung 200 für verschiedene Sendeleistungen (durchgezogene Linie, gestrichelten Linie, gepunktete Linie, gestrichelt-gepunktete Linie; von niedriger Sendeleistung zu hoher Sendeleistung geordnet) dargestellt. Aus Fig. 7A ist ersichtlich, dass der Gleichrichtmittelwert 190 für zunehmende Entfernungen  $r$  abnimmt. In einem Umgebungsbereich 310, der um die Spulenanordnung 200 zentriert angeordnet ist, wird deshalb im Allgemeinen ein größerer Gleichrichtmittelwert 190 gemessen, als in einem Fernbereich 311.

Der Gleichrichtmittelwert 190, der durch den Empfänger an der Position P gemessen wird, hängt nicht von der speziellen Orientierung des Empfängers ab. Dies liegt zum einen daran, dass das rotierende elektromagnetische Feld 80 verwendet wird, wobei durch den Zeitmittelwert 190 eine Abhängigkeit der Amplitude 81 von der Winkelanordnung des Empfängers in Bezug auf die Spulenanordnung eliminiert wird. Dabei kann der Zeitmittelwert 190 z.B. durch Mittelung über mehr als eine Periode der Rotation des rotierenden elektromagnetischen Felds 80 gebildet werden; in anderen Worten kann eine Zeitkonstante des Zeitmittelwerts größer sein, als eine Zeitkonstante der Rotation des rotierenden elektromagnetischen Feldes 80. Die Entfernung  $r$  kann - für eine bestimmte Sendeleistung - durch Messung des Gleichrichtmittelwerts 190 bestimmt werden; dabei beeinflusst die spezifische Orientierung des Empfängers in Bezug auf die Spulenanordnung das Bestimmen der Entfernung  $r$  nicht.

In Fig. 7B sind weitere Aspekte in Bezug auf das Bestimmen der Entfernung  $r$  basierend auf den Zeitmittelwert 190 des rotierenden elektromagnetischen Felds 80 dargestellt. Insbesondere sind in Fig. 7B Aspekte dargestellt, die auf einem Ansteuern der

Spulenanordnung 200 auf eine solche Art und Weise, dass die Spulenanordnung 200 das rotierende elektromagnetische Feld 80 mit einer Zeitabhängigkeit der Sendeleistung 111 aussendet, beruhen. Wie aus Fig. 7B ersichtlich ist, wird der Spulenanordnung 200 derart angesteuert, dass die Sendeleistung 111 schrittweise erhöht wird. Zum Beispiel kann die Sendeleistung 111 so lange schrittweise erhöht werden, bis der gemessene Zeitmittelwert 190 der Amplitude 81 an der Position des Empfängers einen bestimmten Schwellenwert (gestrichelt-gepunktete-gepunktete Linie) überschreitet. Derart kann vermieden werden, dass für Szenarien, in denen sich der Empfänger in dem Umfeldbereich 310 nahe bei dem Empfänger befindet, hohe Sendeleistungen 111 verwendet werden. Derart kann ein Energieverbrauch verringert werden.

Aus Fig. 7B ist weiterhin ersichtlich, dass die Zeitkonstante der Zeitabhängigkeit der Sendeleistung 111 größer ist als eine Zeitkonstante des Zeitmittelwerts 190 der Amplitude 81 des rotierenden elektromagnetischen Felds 80. Dies bedeutet, dass während des Ermitteln zum Bestimmen des Zeitmittelwerts 190 die Sendeleistung 111 im Wesentlichen konstant verbleibt.

Aus den Figuren 7A und 7B ist ersichtlich, dass es mit nur einer einzigen Spulenanordnung 200 möglich ist, die Entfernung  $r$  zwischen der Spulenanordnung 200 und dem Empfänger zu bestimmen.

In FIG. 8A ist eine elektrische Verschaltung der Spule 210a der Spulenanordnung 200 dargestellt. Sichtbar sind insbesondere die zwei Spulenwicklungen 212a, 212b. Die beiden Spulenwicklungen 212a, 212b können gekoppelt durch Kontaktieren an den Kontakten x1 und x4 betrieben werden (siehe auch FIG. 1). Ein Kondensator 226 ist mit den zwei Spulenwicklungen 212a, 212b in Reihe geschaltet. Es ist jedoch auch möglich, die Spulenwicklungen 212a alleine zu betreiben. Dazu ist ein weiterer Kondensator 225 in Parallelschaltung mit der Spulenwicklung 212a vorgesehen.

Eine Induktivität der Spule 210a ist in dem Fall, dass die Spulenwicklungen 212a, 212b gekoppelt betrieben werden, größer als in dem Fall, dass lediglich die Spulenwicklung 212a betrieben wird. Daher kann insbesondere eine Resonanzfrequenz für den erstgenannten Fall geringer sein als eine Resonanzfrequenz für den letztgenannten Fall. Zum Beispiel kann die Resonanzfrequenz bei einem Betrieb der Spule 210a mit den beiden Spulenwicklungen 212a, 212b durch geeignete Dimensionierung der Induktivitäten sowie der Kapazität des Kondensators 226 derart gewählt werden, dass sie 125 kHz beträgt. Entsprechend kann eine Resonanzfrequenz für einen Betrieb der Spule 210a, der lediglich die Spulenwicklung 212a und den weiteren Kondensator 225 umfasst, gleich 1 MHz gewählt werden. Es ist natürlich möglich, andere Frequenzen durch geeignete Dimensionierung der Kapazitäten und Induktivitäten zu erzeugen. Dem Fachmann sind hierzu vielfache Techniken bekannt.

Im Allgemeinen kann eine Leistungsaufnahme bei Aussenden eines elektromagnetischen Felds für die Reihenschaltung mit Kondensator 226 größer sein, als für die Parallelschaltung mit dem weiteren Kondensator 225. Bei bestimmten Anwendungen, etwa zur Umfeldsuche eines Empfängers im Fernbereich 311. Die Ansteuerung der Parallelschaltung mit dem weiteren Kondensator 224 bei vorzugsweise 1 MHz kann z.B. ein weiteres nicht-rotierendes elektromagnetische Feld aussenden. Ein solches Szenario ist durch die geringe elektrische Leistungsaufnahme gekennzeichnet, was z.B. für eine Annäherungserkennung im Fernbereich 311 zu bevorzugen sein kann. Wenn der Identifikationsgeber 30 im Fernbereich 311 erkannt wird, dann kann die Reihenschaltung mit dem Kondensator 226 aktiviert werden. In diesem Betriebsmodus kann die Entfernung und die Winkelordnung des Identifikationsgebers 30 im Umfeldbereich 310, z.B. bis zu 3 m von der Spulenanordnung 200 entfernt, basierend auf Techniken wie obenstehend beschrieben bestimmt werden. Ein derartiges hierarchisches Betreiben kann einen geringeren Energieverbrauch bewirken, was insbesondere bei Elektrofahrzeugen erstrebenswert sein kann.

In einem Frequenzbereich, welcher die oben genannten Frequenzen beinhaltet, kann die Abklingrate des rotierenden elektromagnetischen Felds 80 abhängig von der Frequenz sein. So können höhere Frequenzen eine geringere Abklingrate des rotierenden elektromagnetischen Felds 80 bewirken. Dies ist in der FIG. 8B dargestellt. In der FIG. 8B ist die Amplitude 81 etwa der magnetischen Komponente des rotierenden elektromagnetischen Felds 80 als Funktion der Entfernung  $r$  gegenüber der aussendenden Spulenanordnung 200 aufgetragen. Die durchgezogene (gestrichelte) Linie illustriert den Fall einer vergleichsweise niedrigen (großen) Resonanzfrequenz des entsprechenden Schwingkreises, wie obenstehend in Bezug auf FIG. 8A diskutiert. Wie aus FIG. 8B ersichtlich, ist eine Abklingrate des rotierenden elektromagnetischen Felds 80 für höhere Resonanzfrequenzen geringer. Deshalb kann es möglich sein, durch Bestromen nur einer (beider) Spulenwicklung 212a (212a, 212b) eine Bestimmung der Position des Empfängers 30 in einem Fernbereich 311 (Nahbereich 310) der Spulenanordnung 200 durchzuführen. Entsprechende Techniken zum Verändern der Abklingrate durch Variation der Frequenz können in Kombination mit der Variation der Sendeleistung 111 wie sie in Bezug auf die Fig. 7B oben stehend beschrieben wurde eingesetzt werden, um die Entfernung  $r$  zwischen dem Empfänger und der Spulenanordnung zu bestimmen. Es ist auch möglich entsprechende Techniken einzusetzen, um die Winkelordnung des Empfängers gegenüber der Spulenanordnung 200 zu bestimmen.

In FIG. 8C ist eine mit einer Versorgungsleitung 241 verbundene Wechselspannungs-Quelle 242 schematisch dargestellt. Die Versorgungsleitung 241 kann z.B. ein 12 V Gleichspannungsnetz eines Fahrzeugs sein. Die Wechselspannungs-Quelle 242 ist eingerichtet, um eine Wechselspannung wie in FIG. 3 gezeigt, zu erzeugen. In FIG. 8C ist

weiterhin eine Rechneinheit 243 dargestellt, die eingerichtet ist, Steuersignale über ein 240 zu empfangen und basierend darauf das Aussenden des rotierenden Feldes 80 bzw. der nicht-rotierenden elektromagnetischen Felder zu steuern.

In den FIGs. 9A-9F, sowie 10A-10D sind verschiedene Ansichten der Spulenanordnung 200 aus FIG. 1 in einem Gehäuse 220 dargestellt. Die Kondensatoren 225, 226 und weitere Leistungselektronik können auch innerhalb des Gehäuses angeordnet werden. Es sind elektrische Kontakte 222 dargestellt, welche die Spulenanordnung mit Leiterbahnen auf einer Leiterplatte 230 verbinden können. Z.B. können die Kontakte mit der Wechselspannungsquelle 242 über Leiterbahnen auf der Leiterplatte verbunden sein. Darüber hinaus sind Halter 221 vorgesehen, welche die Spulenanordnung 200 ortsfest innerhalb des Gehäuses 220 fixieren. Das Gehäuse kann Schutz gegen Erschütterungen, Ablagerungen, Feuchtigkeit usf. darstellen und kann vorzugsweise aus Kunststoff gefertigt sein. Eine Oberseite des Gehäuses 220 ist aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt, kann aber vorgesehen sein. Wie aus den FIGs. 9A-9F, sowie 10A-10D ersichtlich, kann eine Ober- und Unterseite des Gehäuses, sowie die Leiterplatte 230 parallel zu der Rotationsebene 300 bzw. der Spulenebene sein. Die spezielle Gehäuseform ist nicht limitierend und kann verschieden gewählt werden. Es sollte verstanden werden, dass je nach Bauraum der zur Verfügung steht, unterschiedliche Gehäuse 220 bevorzugt werden können. Das Gehäuse kann parallel zum Boden ausgerichtet angebracht sein.

In der FIG. 11 ist eine alternative Implementierung der Spulenanordnung 200 dargestellt. Diese Implementierung entspricht einer integrierten Bauform, bei der Leiterbahnen 231 die Spulenwicklungen 212a, 212c, 212e planar auf einer Leiterplatte 230 (gestrichelt) ausbilden. Die Leiterbahnen können z.B. durch Ätz- oder Masken- oder Lithographie-Techniken hergestellt werden.

Es sind Aussparungen 232 der Leiterplatte 230 vorgesehen, in die das Spulenjoch 211 (in FIG. 11 nicht gezeigt) eingeführt und fixiert werden kann. Diese Implementierung kann den Effekt eines besonders geringen Platzbedarfs aufweisen.

Nachfolgend wird anhand der FIGs. 12 – 14 eine Systemarchitektur eines Ortungssystems 100 erläutert, welches eine einzelne Spulenanordnungen 200 umfasst. In anderen Szenarien kann das Ortungssystem 100 auch mehr als eine Spulenanordnung 200 umfassen. Durch Techniken, wie sie in Bezug auf die FIGs. 7A und 7B voranstehend beschrieben wurden, kann das Ortungssystem 100 eine Entfernung  $r$  eines Empfängers 30, genau bestimmen. Der Empfänger 30 kann z.B. einen Magnetfeldsensor umfassen. Der Empfänger 30 kann z.B. einen Identifikationsgeber für ein Fahrzeug implementieren. Die Ortsbestimmung kann sowohl im Außenraum als auch im Innenraum des Fahrzeugs vergleichsweise genau, z.B. bis auf wenige Zentimeter genau, erfolgen. Z.B. kann die bestimmte Position des

Empfängers 30 dem Benutzer graphisch dargestellt werden, etwa auf einem Bildschirm eines Bordcomputers des Fahrzeugs.

In FIG. 12 ist zunächst ein vorbekanntes Ortungssystem 100 dargestellt. Ein Steuergerät 25 ist mit einem weiteren Steuergerät 25a verbunden. Zum Beispiel kann das Steuergerät 25 Teil einer zentralen Rechereinheit des Fahrzeugs sein. Darüber hinaus ist das Steuergerät 25 mit einer Funkschnittstelle 31 verbunden, welche Datenübertragung mit dem Identifikationsgeber 30 herstellen kann. Das weitere Steuergerät 25a ist über Datenleitungen mit Türgriffsensoren 22 des Fahrzeugs verbunden. Diese Türgriffsensoren 22 können eine Betätigung oder Zugangswunsch der Schließklappen des Fahrzeugs, wie etwa Türen und Heckklappen, detektieren. Darüber hinaus ist das weitere Steuergerät 25a über Versorgungsleitungen 241 mit einzelnen Spulen 210 zur Erzeugung von elektromagnetischen Feldern, die von dem Identifikationsgeber 30 gemessen werden können, verbunden. Wie aus FIG. 12 ersichtlich, ist die Systemarchitektur des vorbekannten Ortungssystems vergleichsweise aufwändig gestaltet. Insbesondere müssen die zum Beispiel zweiadrigen Versorgungsleitungen 241 in einer großen Zahl vorgehalten werden, was eine komplizierte Verkabelung des Fahrzeugs notwendig macht: das Steuergerät 25a umfasst eine Wechselspannungs-Quelle, die die Spulen 210 über die Leitung 241a mit Spannung versorgt.

In FIG. 13 ist das erfindungsgemäße Ortungssystem 100 schematisch dargestellt. Das Ortungssystem 100 gemäß Fig. 13 umfasst ein Steuergerät 25, welches mit der Spulenanordnung 200 gekoppelt ist. Zum Beispiel kann die Spulenanordnung 200 über eine Recheneinheit (in FIG. 13 nicht gezeigt) und über ein Bussystem 240 mit dem Steuergerät 25 verbunden sein. Das Bussystem 240 kann eine Datenkommunikation zwischen der Spulenanordnung 200 und dem Steuergerät 25 ermöglichen. Das Bussystem kann z.B. ein „Controller Area Network“ (CAN) Bussystem, „Local Interconnect Network“ (LIN), oder „FlexRay“ oder ein anderes Bussystem sein. Das Steuergerät 25 kann Befehl über das Bussystem 240 senden, welche von der Recheneinheit der Spulenanordnung 200 empfangen und interpretiert werden. Die Spulenanordnung 200 ist eingerichtet, um in Reaktion auf das Steuersignal das rotierende elektromagnetische Feld 80 erzeugen. Die dazu erforderliche Energie kann aus einer Versorgungsleitung 241 erhalten werden. Zum Beispiel kann die Versorgungsleitung eine Gleichspannung (etwa 12 V) zur Verfügung stellen, sodass ein entsprechender elektrischer Schaltkreis (in FIG. 13 nicht gezeigt), also eine Wechselspannungs-Quelle, in der Spulenanordnung 200 eingerichtet ist, um die Erzeugung des rotierenden elektromagnetischen Felds 80 erforderliche Wechselspannungen mit vorgegebener Phasenbeziehung zu erzeugen.

FIG. 14 zeigt das Ortungssystem 100 mit einer Anordnung einem Fahrzeug 1. Aus FIG. 14 ist wiederum ersichtlich, dass eine Steuerung und eine Energieversorgung über die getrennten Leitungen 240, 241 erfolgt. In der Fig. 14 ist die Spulenanordnung 200 zentral im Fahrzeug 1 verbaut. Es wäre auch möglich, dass die Spulenanordnung 200 an einer anderen Position innerhalb des Fahrzeugs 1 angeordnet ist, zum Beispiel linksseitig oder rechtsseitig in den B-Säulen und/oder in den C-Säulen. Die Spulenanordnung 200 könnte zum Beispiel auch im Bereich des Hecks des Fahrzeugs 1 verbaut sein.

Bezug nehmend auf FIG. 15 ist ersichtlich, dass für verschiedene Entfernungen  $r$  zwischen unterschiedlichen Positionen des Identifikationsgebers 30 unterschieden werden kann. Insbesondere kann es erstrebenswert sein, zu bestimmen, ob sich der Identifikationsgeber 30 innerhalb oder außerhalb des vorgegebenen Umgebungsbereichs 310 der Spulenanordnung 200 befindet. Aus FIG. 15 ist ersichtlich, dass es in diesem Zusammenhang erstrebenswert sein kann, neben der Entfernung  $r$  auch die Winkelanordnung  $\alpha$  zwischen dem Identifikationsgeber 30 und der Spulenanordnung 200 zu bestimmen. Dies kann der Fall sein, da ansonsten je nach Position der Spulenanordnung 200 in dem Fahrzeug 1 sowie der Position des Identifikationsgeber 30 in Bezug auf die Spulenanordnung 200 nicht eindeutig unterschieden werden kann, ob sich der Identifikationsgeber 30 in dem Umgebungsbereich 310 oder in dem Fernbereich 311 befindet.

Zum Bestimmen der Winkelanordnung  $\alpha$  des Empfängers 30 gegenüber der Spulenanordnung 200 kann es möglich sein, dass die Spulenanordnung 200 so angesteuert wird, dass die Spulenanordnung 200 sequentiell das rotierende elektromagnetische Feld 80 und die mindestens zwei nicht-rotierende elektromagnetische Felder aussendet. Ein entsprechendes Verfahren ist durch ein Flussdiagramm in der Fig. 16 illustriert.

Dazu erfolgt zunächst in Schritt S1 das Ansteuern der Spulenanordnung 200 derart, dass die Spulenanordnung 200 das rotierende elektromagnetische Feld 80 aussendet. Dabei kann das Ansteuern der Spulenanordnung 200 derart erfolgen, dass die verschiedenen Spulen 210a, 210b, 210c phasenversetzt bestromt werden. Dann werden in Schritt S2 die Magnetfeld-Messdaten für das rotierende elektromagnetische Feld 80 erhalten. Diese Magnetfeld-Messdaten indizieren die Amplitude 81 des rotierenden elektromagnetischen Felds 80 an der Position des Empfängers 30, zum Beispiel direkt oder indirekt. Zum Beispiel könnten die Magnetfeld-Messdaten bereits den Zeitmittelwert 190 indizieren.

Im Rahmen der Schritte S1 und S2 kann es möglich sein, die Sendeleistung 111 und/oder die Frequenz des rotierenden elektromagnetischen Felds 80 als Funktion der Zeit zu variieren. Derart kann es besonders Energie-effizient möglich sein, die Magnetfeld-

Messdaten zu erhalten, um anschließend die Entfernung  $r$  zwischen dem Empfänger 30 und der Spulenanordnung 200 zu bestimmen.

In Schritt S3 wird die Spulenanordnung 200 derart angesteuert, dass die Spulenanordnung 200 ein erstes nicht-rotierendes elektromagnetisches Feld aussendet. Dies kann durch Ansteuern einer einzelnen Spule 210a, 210b, 210c der Spulenanordnung 200 erfolgen. Dies kann auch durch ansteuern von zwei oder mehr Spulen 210a, 210b, 210c der Spulenanordnung 200 erfolgen, wobei die zwei oder mehr Spulen 210a, 210b, 210c phasengleich bestromt werden. Dann werden in Schritt S4 die jeweiligen Magnetfeld-Messdaten für das aktuelle nicht-rotierende elektromagnetische Feld erhalten. Diese Magnetfeld-Messdaten indizieren die Amplitude des jeweiligen aktuellen nicht-rotierenden elektromagnetischen Felds an der Position des Empfängers 30, zum Beispiel direkt oder indirekt.

In Schritt S5 wird überprüft, ob Magnetfeld-Messdaten für ein weiteres nicht-rotierendes elektromagnetisches Feld benötigt werden. Zum Beispiel kann im Allgemeinen eine Genauigkeit beim Bestimmen der Winkelanordnung zwischen dem Empfänger 30 und der Spulenanordnung 200 größer sein, je mehr Magnetfeld-Messdaten für unterschiedliche nicht-rotierende elektromagnetische Felder erhalten werden.

Anschließend erfolgt in Schritt S6 das Bestimmen der Entfernung  $r$  und der Winkelanordnung  $\alpha$  basierend auf den Magnetfeld-Messdaten für das rotierende elektromagnetische Feld 80, sowie basierend auf den Magnetfeld-Messdaten für die zwei oder mehr nicht-rotierenden elektromagnetischen Felder.

Während in der Fig. 16 eine bestimmte Abfolge der verschiedenen Schritte illustriert ist, können in weiteren Szenarien auch andere Abfolgen der Schritte implementiert werden. Zum Beispiel wäre es möglich, dass zunächst die Schritte S3-S5 durchgeführt werden, und erst anschließend die Schritte S1 und S2 durchgeführt werden. In einer weiteren Szenarien wäre es möglich, dass zunächst die Schritte S1 und S2 ausgeführt werden und anschließend bereits die Entfernung  $r$  zwischen der Spulenanordnung 200 und dem Empfänger 30 bestimmt wird. Dann wäre es z.B. möglich, dass die Spulenanordnung 200 in Schritt S3 derart angesteuert wird, dass eine bestimmte Sendeleistung 111 zum Aussenden des jeweils aktuellen nicht-rotierenden elektromagnetischen Felds verwendet wird. Diese Sendeleistung 111 kann zum Beispiel umso größer (kleiner) gewählt werden, je größer die Entfernung  $r$  zwischen der Spulenanordnung 200 und dem Empfänger 30 ist.

Nachfolgend werden verschiedene Aspekte in Bezug auf das Bestimmen der Winkelanordnung  $\alpha$  des Empfängers 30 gegenüber der Spulenanordnung 200 basierend auf

den Magnetfeld-Messdaten für die mindestens zwei nicht-rotierenden elektromagnetischen Felder erläutert.

In Fig. 17 ist die Anisotropie 580 für verschiedene nicht-rotierende elektromagnetische Felder 70 aufgetragen. Die verschiedenen nicht-rotierenden elektromagnetischen Felder 70 werden durch Bestromen der verschiedenen Spulen 210a, 210b, 210c der Spulenanordnung 200 der FIG. 1 erhalten. Die Anisotropien 580 der nicht-rotierenden elektromagnetischen Felder 70 sind zweizählig mit einer  $180^\circ$ -Periodizität in der Spulenebene. Aus Fig. 17 ist ersichtlich, dass die Maxima der Anisotropien 580 der nicht-rotierenden elektromagnetischen Felder 70, die durch phasengleiches Bestromen von jeweils zwei der Spulen 210a, 210b, 210c erhalten werden, um  $30^\circ$  gegenüber den Maxima der Anisotropien 580 der nicht-rotierenden elektromagnetischen Felder 70, die durch Bestromen einer einzelnen der Spulen 210a, 210b, 210c erhalten werden, in der Spulenebene verdreht sind. Darüber hinaus ist ersichtlich, dass die Amplituden der Maxima der Anisotropien 580 der nicht-rotierenden elektromagnetischen Felder 70, die durch phasengleiches Bestromen von jeweils 2 der Spulen 210a, 210b, 210c erhalten werden, ca. 3-mal größer als die Amplituden der Maxima der Anisotropien 580 der nicht-rotierenden elektromagnetischen Felder 70, die durch Bestromen einer einzelnen der beiden Spulen 210a, 210b, 210c erhalten werden, sind.

In FIG. 18A sind die Anisotropien 580 nicht-rotierenden elektromagnetischen Felder 70, die durch phasengleiches Bestromen von jeweils zwei der Spulen 210a, 210b, 210c erhalten werden, als Funktion der Winkelanordnung  $\alpha$  im Bereich von  $-180^\circ$  bis  $180^\circ$  dargestellt. Aus Fig. 18 kann die  $180^\circ$ -Periodizität der Anisotropien 580 erkannt werden.

In Fig. 18B sind Anisotropien 580 der nicht-rotierenden elektromagnetischen Felder 70, die durch phasengleiches Bestromen von jeweils zwei der Spulen 210a, 210b, 210c erhalten werden, als Funktion der Winkelanordnung  $\alpha$  im Bereich von  $-90^\circ$  bis  $90^\circ$  dargestellt. Durch das Verwenden von drei nicht-rotierenden elektromagnetischen Feldern 70 kann im Bereich  $-90^\circ$  bis  $90^\circ$  eindeutig auf die Winkelanordnung  $\alpha$  zurückgeschlossen werden. Eine eindeutige Bestimmung der Winkelanordnung  $\alpha$  im Bereich  $-90^\circ$  bis  $90^\circ$  wäre bereits für zwei nicht-rotierende elektromagnetische Felder 70 möglich.

Aufgrund der  $180^\circ$ -Periodizität der Anisotropien 580 (vergleiche Figuren 18A, 18B) existiert aber eine  $180^\circ$ -Zweideutigkeit (vergleiche Fig. 19). Es sind verschiedene Techniken denkbar, um die  $180^\circ$ -Zweideutigkeit aufzulösen. Zum Beispiel könnte - wie in dem Szenario der Fig. 19 dargestellt - eine weitere Spulenanordnung 200a verwendet werden, um auf die tatsächliche Position des Empfängers 30 eindeutig zurück schließen zu können. Mit der weiteren Spulenanordnung 200a können entsprechende Techniken, wie sie voranstehend im Zusammenhang mit dem bestimmen der Winkelanordnung zwischen dem Empfänger 30 und der Spulenanordnung 200 illustriert werden, angewendet werden. Durch vergleichende

Ergebnisse, die für die Winkelordnung des Empfängers 30 gegenüber den Spulenanordnung 200,200a erhalten werden, können falsche Positionen 30' des Empfängers 30, die aufgrund der 180°-Zweideutigkeit auftreten, eliminiert werden.

Im Allgemeinen kann die weitere Spuleanordnung 200a auch einfacher ausgestaltet sein, als die Spulenanordnung 200. Z.B. könnte die weitere Spuleanordnung 200a nur eine einzige Spule umfassen. Dann kann die 180°-Zweideutigkeit durch eine einfache Entfernungsmessung basierend auf einem nicht-rotierenden elektromagnetischen Feld mit einer Anisotropie in der Spulenebene, das von der weiteren Spuleanordnung ausgesendet wird, aufgelöst werden.

Eine weitere Technik, um Einflüsse der 180°-Zweideutigkeit zu eliminieren, ist in Bezug auf Fig. 20 illustriert. Diese Technik kommt mit einer einzigen Spuleanordnung 200 aus. Diese Technik beruht darauf, dass die Richtung einer Magnetfeldlinie 2001 der mindestens zwei nicht-rotierenden elektromagnetischen Felder 70 an der Position des Empfängers 30 bestimmt werden kann. Dann kann das Bestimmen der Winkelordnung  $\alpha$  des Empfängers 30 gegenüber der Spuleanordnung 200 weiterhin auf den Richtungen der Magnetfeldlinien 2001 der mindestens zwei nicht-rotierenden elektromagnetischen Felder 70 basieren. Weiterhin basieren diese Techniken darauf, dass Beschleunigung-Messdaten erhalten werden, die eine Orientierung des Empfängers 30 gegenüber einer Richtung der Schwerkraft 2002 indizieren. Dann kann das Bestimmen der Winkelordnung des Empfängers 30 gegenüber der Spuleanordnung 200 weiterhin auf der Orientierung des Empfängers 30 gegenüber der Richtung der Schwerkraft 2002 basieren.

Zum Beispiel kann für die Magnetfeldlinie 2001 bzw. die Tangente der Magnetfeldkomponente des nicht-rotierenden elektromagnetischen Feldes 70 ein Bezug zur Erde durch die Richtung der Schwerkraft 2002 bzw. die Richtung der Fallbeschleunigung gebildet werden. Zum Beispiel kann die Magnetfeldlinie 2001 ein rechtshändiges Koordinatensystem definieren, zum Beispiel im Zusammenhang mit einer Richtung, die zur Spuleanordnung 200 gerichtet ist. Dann kann eine Z-Komponente des rechtshändigen Koordinatensystems verglichen werden mit der Richtung der Schwerkraft 2002 (vergleiche Fig. 20), wodurch die 180°-Zweideutigkeit aufgelöst werden kann.

Eine weitere Technik, um die 180°-Zweideutigkeit aufzulösen, ist in Bezug auf Fig. 21 illustriert. Dabei werden drei nicht-rotierende elektromagnetische Felder 70-1,70-2,70-3 verwendet. Die drei nicht-rotierende elektromagnetischen Felder 70-1,70-2,70-3 weisen eine einzählige Anisotropie 580 in der Spulenebene auf. Deshalb existiert keine 180°-Periodizität der einzähligen Anisotropie 580, sodass keine 180°-Zweideutigkeit auftritt. Zum Erzeugen der einzähligen Anisotropien 580, sodass die nicht-rotierenden elektromagnetischen Felder 70 signifikante Amplituden 71 nur in einer Richtung in Bezug auf die Spuleanordnung 200

aufweisen, kann zum Beispiel eine andere Anordnung von Spulen der Spulenanordnung 200 als oben stehend in Bezug auf die Figuren diskutiert, verwendet werden. Zum Beispiel könnte eine U-förmige Anordnung von in der Spulenebene benachbarten Paaren von Spulen verwendet werden. Zum Beispiel könnten in der Spulenebene benachbarte Paare der mehreren Spulen jeweils eine Winkelanordnung mit einem Winkel von  $60^\circ$  zueinander aufweisen. Derart kann eine gerichtete Magnetfeld-Komponente der nicht-rotierenden elektromagnetischen Felder erreicht werden.

Selbstverständlich können die Merkmale der vorab beschriebenen Ausführungsformen und Aspekte der Erfindung miteinander kombiniert werden. Insbesondere können die Merkmale nicht nur in den beschriebenen Kombinationen, sondern auch in anderen Kombinationen oder für sich genommen verwendet werden, ohne das Gebiet der Erfindung zu verlassen.

**Bezugszeichenliste**

1	Fahrzeug
100	Ortungssystem
111	Sendeleistung
190	Zeitmittelwert
200, 200a	Sender / Spulenanordnung
2001	Magnetfeldlinie
2002	Schwerkraft
210, 210a, 210b, 210c	Spule
211	Spulenjoch
211a, 211b, 211c	Arm der Spule
212a-212f	Spulenwicklung
213a, 213b, 213c	Winkel
22	Türgriffsensor
220	Gehäuse
221	Halter
222	Kontakte
225, 226	Kondensator
230	Leiterplatte
231	Leiterbahn
232	Aussparung
240	Bussystem
241	Versorgungsleistung
242	Wechselspannungs-Quelle
243	Rechnereinheit
25, 25a	Steuergerät
30	Empfänger / Identifikationsgeber
30'	Empfänger
31	Funkschnittstelle
310	Umgebungsbereich
311	Fernbereich
580	Anisotropie

70, 70-1, 70-2, 70-3	Elektromagnetische Felder
71	Amplitude
80	Elektromagnetisches Feld
81	Amplitude
82	Phase
85	Stromfluss
P	Punkt
r	Entfernung
S1-S6	Schritt
t1-t4	Zeitpunkt
x1-x4	Kontakt
$\alpha$	Winkelanordnung

## Patentansprüche

1. Verfahren, das umfasst:

- Ansteuern eines Senders (200, 200a), sodass der Sender (200, 200a) mindestens zwei elektromagnetische Felder (70, 70-1, 70-2, 70-3) aussendet,

wobei eine Amplitude (71) von jedem der mindestens zwei elektromagnetischen Felder (70, 70-1, 70-2, 70-3) eine Anisotropie (580) in einer Ebene aufweist, wobei die Anisotropie (580) statisch in der Ebene ausgerichtet ist,

- Erhalten von Magnetfeld-Messdaten, die die Amplituden (71) der mindestens zwei elektromagnetischen Felder (70, 70-1, 70-2, 70-3) an der Position eines Empfängers (30) indizieren,

- Bestimmen einer Winkelanzahl ( $\alpha$ ) des Empfängers (30) gegenüber dem Sender (200, 200a) basierend auf den Amplituden der mindestens zwei elektromagnetischen Felder (70, 70-1, 70-2, 70-3) an der Position des Empfängers (30).

2. Verfahren nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren weiterhin umfasst:

- Ansteuern des Senders (200, 200a), sodass der Sender (200, 200a) ein weiteres elektromagnetisches Feld (80) aussendet,

wobei die Amplitude (81) des weiteren elektromagnetischen Felds (80) eine Anisotropie (580) in der Ebene aufweist, wobei die Anisotropie (580) als Funktion der Zeit in der Ebene rotiert,

- Erhalten von weiteren Magnetfeld-Messdaten, die die Amplitude des weiteren elektromagnetischen Felds (80) an der Position des Empfängers (30) indizieren,

- Ermitteln eines Zeitmittelwerts (190) der Amplitude des weiteren elektromagnetischen Felds (80) an der Position des Empfängers (30) basierend auf den weiteren Magnetfeld-Messdaten,

- Bestimmen einer Entfernung ( $r$ ) zwischen dem Empfänger (30) und dem Sender (200, 200a) basierend auf dem Zeitmittelwert (190) der Amplitude (81) des weiteren elektromagnetischen Felds (80) an der Position des Empfängers (30).

3. Verfahren nach Anspruch 2,

**dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren weiterhin umfasst:

- basierend auf der Entfernung ( $r$ ) zwischen dem Empfänger (30) und dem Sender (200, 200a) und weiterhin basierend auf der Winkelanzahl ( $\alpha$ ) des Empfängers (30) gegenüber dem Sender (200, 200a): Bestimmen, ob sich der Empfänger (30) innerhalb oder

außerhalb eines vorgegebenen Umgebungsbereichs (310) des Senders (200, 200a) befindet.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass das Ansteuern des Senders (200, 200a), sodass der Sender (200, 200a) das weitere elektromagnetische Feld (80) aussendet, umfasst:

- phasenversetztes Bestromen von mindestens drei in der Ebene angeordneten Spulen (210a, 210b, 210c) des Senders (200, 200a).

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 – 4,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass das Ansteuern des Senders (200, 200a) derart erfolgt, dass der Sender (200, 200a) das weitere elektromagnetische Feld (80) mit einer Zeitabhängigkeit der Sendeleistung (111) und / oder der Frequenz aussendet, und

dass eine Zeitkonstante der Zeitabhängigkeit der Sendeleistung (111) und / oder der Frequenz größer ist als eine Zeitkonstante des Zeitmittelwerts (190) der Amplitude des weiteren elektromagnetischen Felds (80).

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 – 5,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass das Verfahren weiterhin umfasst:

- Bestimmen einer Sendeleistung (111) für die mindestens zwei elektromagnetischen Felder (70, 70-1, 70-2, 70-3) basierend auf der bestimmten Entfernung (r) zwischen dem Empfänger (30) und dem Sender (200, 200a),

wobei das Ansteuern des Senders (200, 200a) derart erfolgt, dass der Sender (200, 200a) die mindestens zwei elektromagnetischen Felder (70, 70-1, 70-2, 70-3) mit der bestimmten Sendeleistung aussendet.

7. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass das Ansteuern des Senders (200, 200a), sodass der Sender (200, 200a) die mindestens zwei elektromagnetischen Felder (70, 70-1, 70-2, 70-3) aussendet, umfasst:

- für jedes der mindestens zwei elektromagnetischen Felder (70, 70-1, 70-2, 70-3): Bestromen einer einzigen von mehreren Spulen (210a, 210b, 210c) des Senders (200, 200a) oder phasengleiches Bestromen von mindestens zwei der in der Ebene angeordneten Spulen (210a, 210b, 210c) des Senders (200, 200a).

8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass zumindest eines der mindestens zwei elektromagnetischen Felder (70, 70-1, 70-2, 70-3) eine zweizählige Anisotropie (580) mit einer 180°-Periodizität in der Ebene aufweist.
9. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass zumindest eines der mindestens zwei elektromagnetischen Felder (70, 70-1, 70-2, 70-3) eine einzählige Anisotropie (580) in der Ebene aufweist.
10. Verfahren nach Anspruch 9,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass der Sender (200, 200a) sechs oder mehr in Spulen (210a, 210b, 210c) umfasst und  
dass in der Ebene benachbarte Paare der sechs oder mehr Spulen (210a, 210b, 210c) des Senders (200, 200a) jeweils einen Winkel im Bereich von 30° - 90° miteinander einschließen, bevorzugt einen Winkel 60° miteinander einschließen.
11. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Magnetfeld-Messdaten jeweils eine Richtung einer Magnetfeldlinie (2001) der mindestens zwei elektromagnetischen Felder (70, 70-1, 70-2, 70-3) an der Position des Empfängers (30) indizieren und  
dass das Bestimmen der Winkelanzahl ( $\alpha$ ) des Empfängers (30) gegenüber dem Sender (200, 200a) weiterhin auf den Richtungen der Magnetfeldlinien (2001) der mindestens zwei elektromagnetischen Felder (70, 70-1, 70-2, 70-3) basiert.
12. Verfahren nach Anspruch 11,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass das Verfahren weiterhin umfasst:  
- Erhalten von Beschleunigungs-Messdaten, die eine Orientierung des Empfängers (30) gegenüber einer Richtung der Schwerkraft (2002) indizieren,  
wobei das Bestimmen der Winkelanzahl ( $\alpha$ ) des Empfängers (30) gegenüber dem Sender (200, 200a) weiterhin auf der Orientierung des Empfängers (30) gegenüber der Richtung der Schwerkraft basiert.

13. Steuergerät (25) eines Fahrzeugs (1),  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass das Steuergerät (25) eingerichtet ist, um ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 13 durchzuführen.
14. Steuergerät (25) nach Anspruch 13,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass es eingerichtet ist, um in Abhängigkeit der Winkelanordnung ( $\alpha$ ) des Empfängers (30) gegenüber dem Sender (200, 200a) ein Steuersignal zu erzeugen, welches einen Verriegelungszustand mindestens einer Fahrzeugklappe des Fahrzeugs (1) steuert.
15. Fahrzeug (1), welches umfasst:  
- einen ersten Sender (200, 200a),  
- einen zweiten Sender,  
- das Steuergerät (25) nach Anspruch 13 oder 14,  
wobei der erste Sender (200, 200a) mindestens drei Spulen (210a, 210b, 210c), die in einer Ebene angeordnet sind, aufweist,  
wobei der zweite Sender eine einzelne Spule aufweist.



2/24

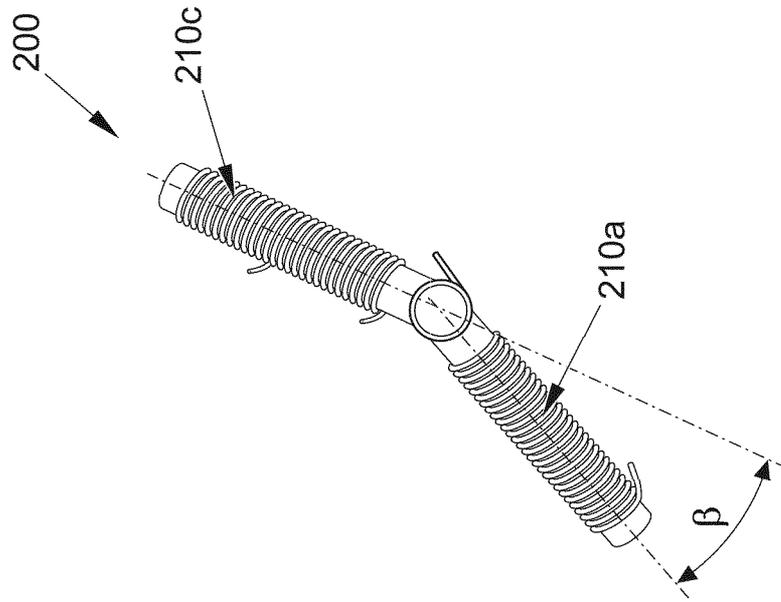


FIG. 2B

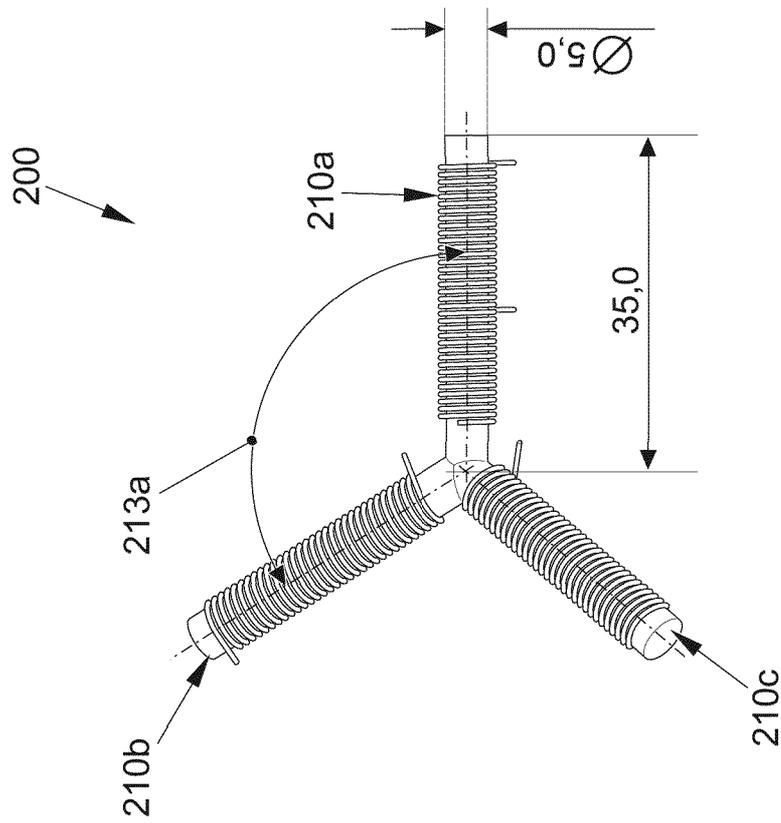


FIG. 2A

3/24

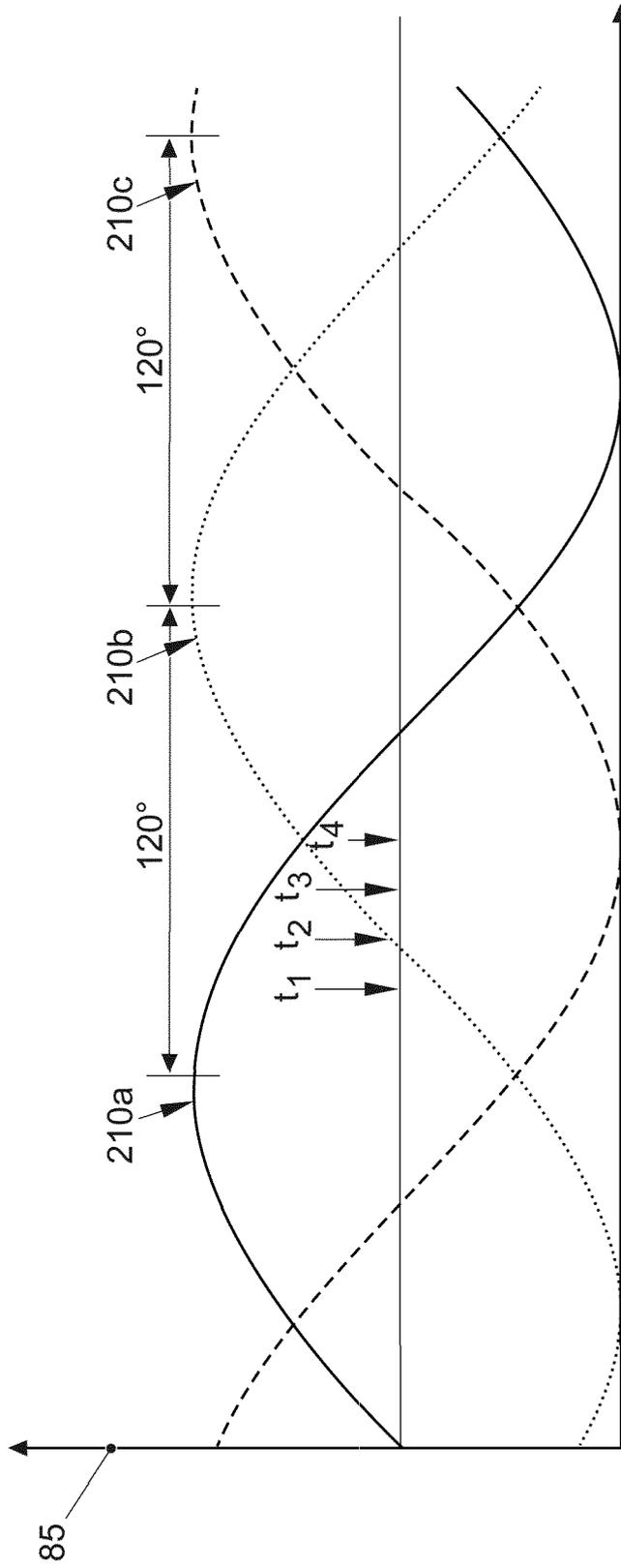


FIG. 3A

4/24

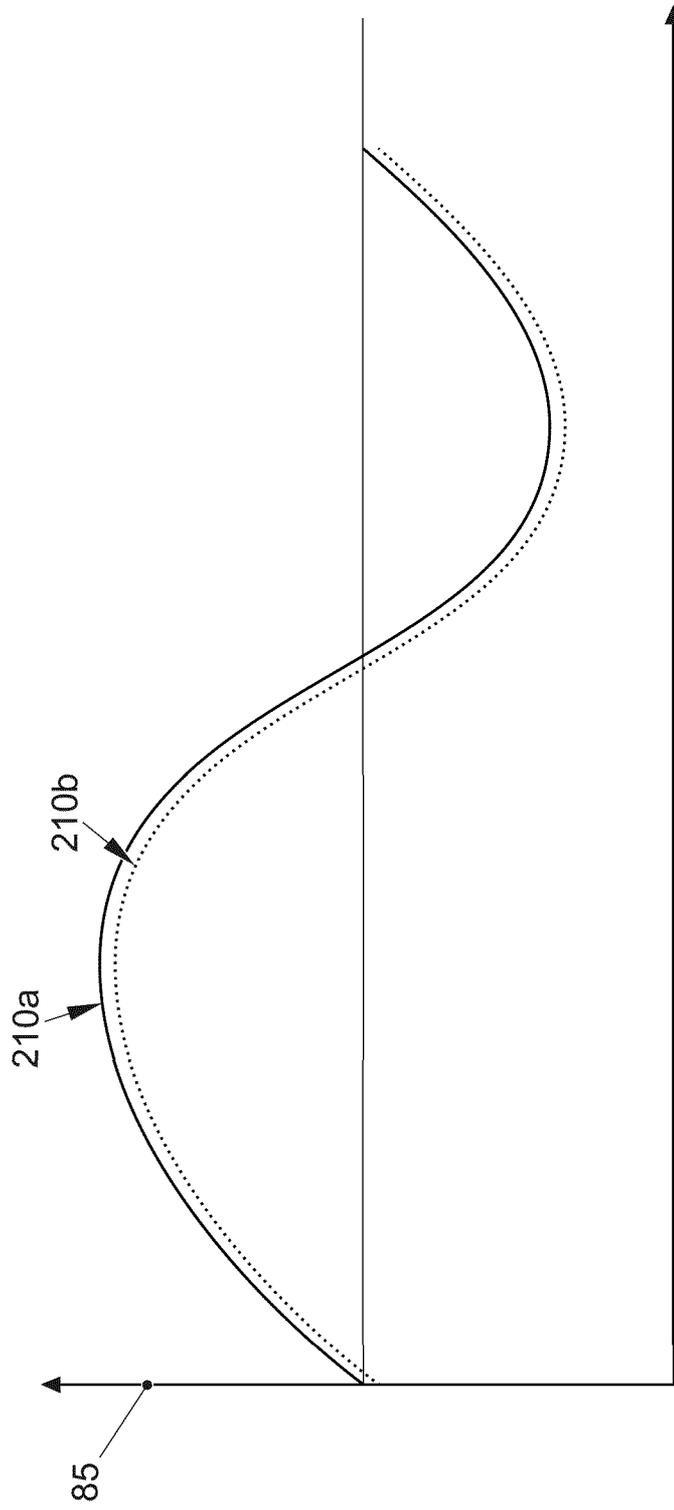


FIG. 3B

5/24

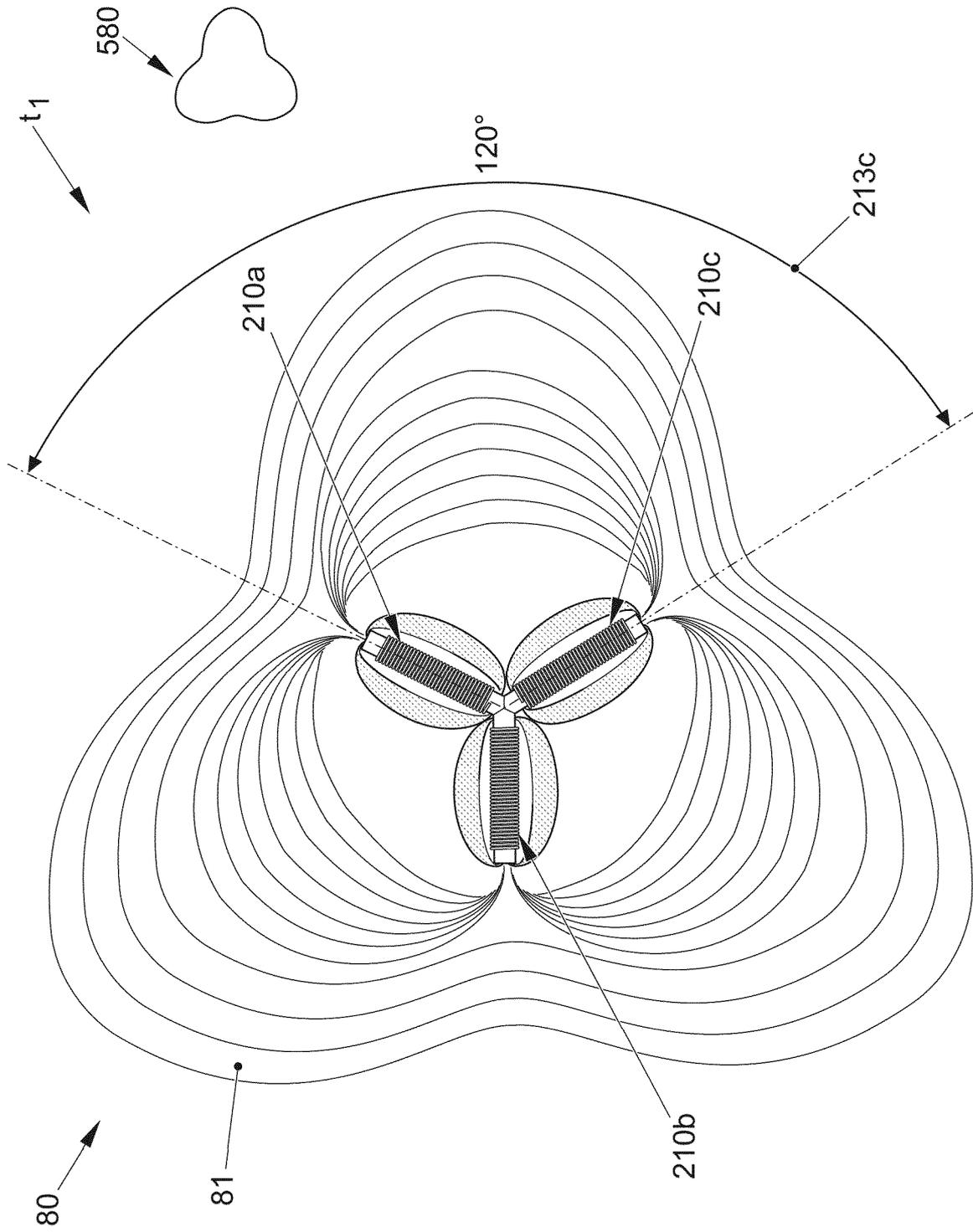


FIG. 4

6/24

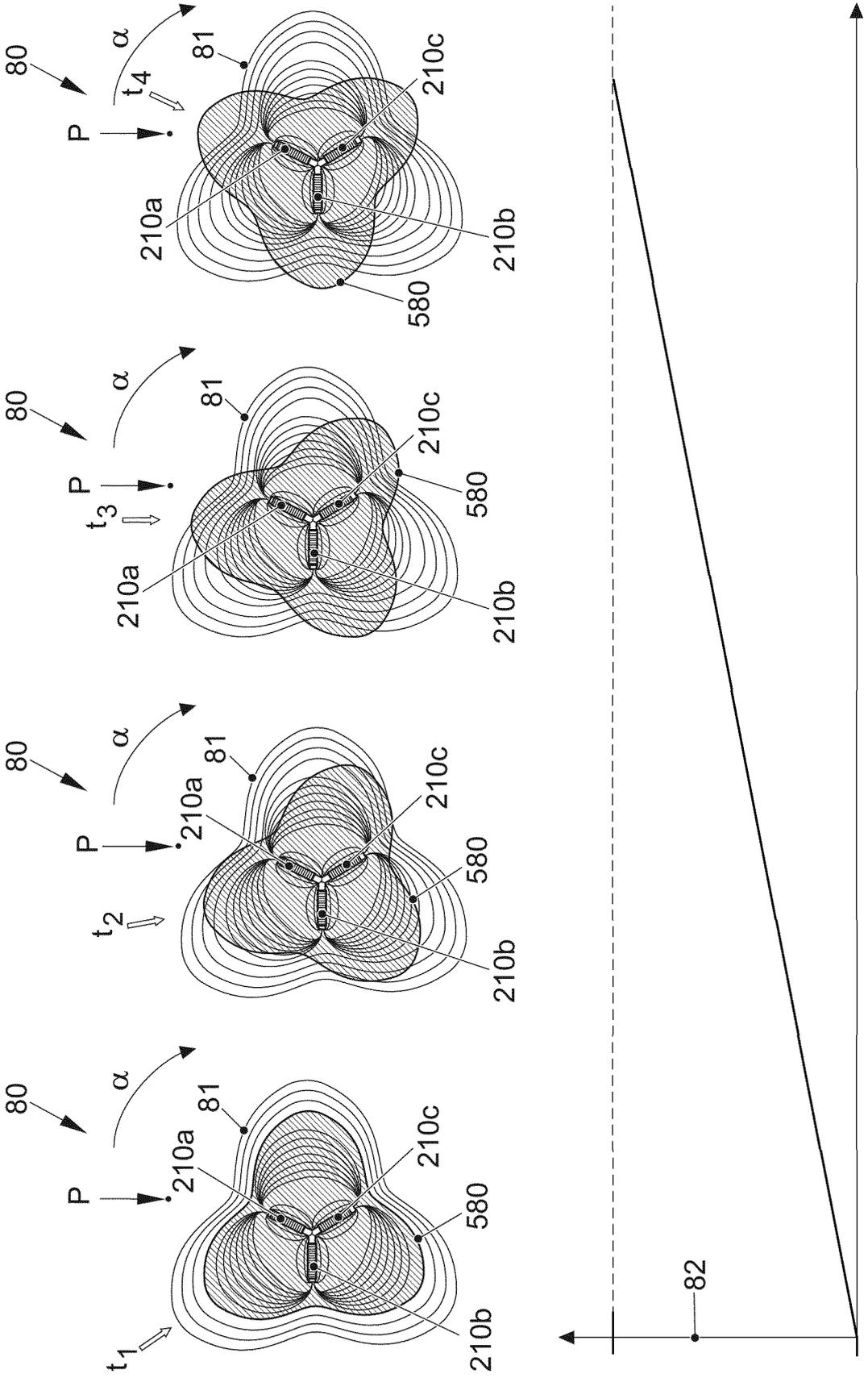


FIG. 5

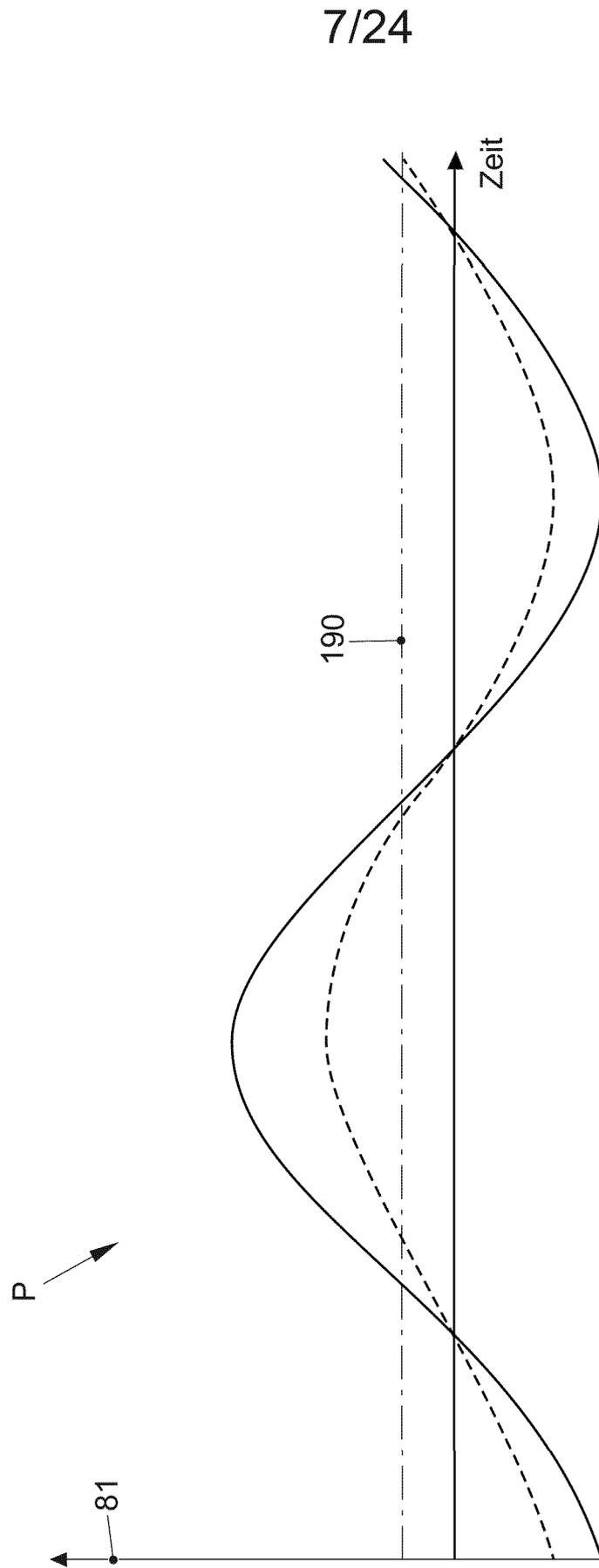


FIG. 6

8/24

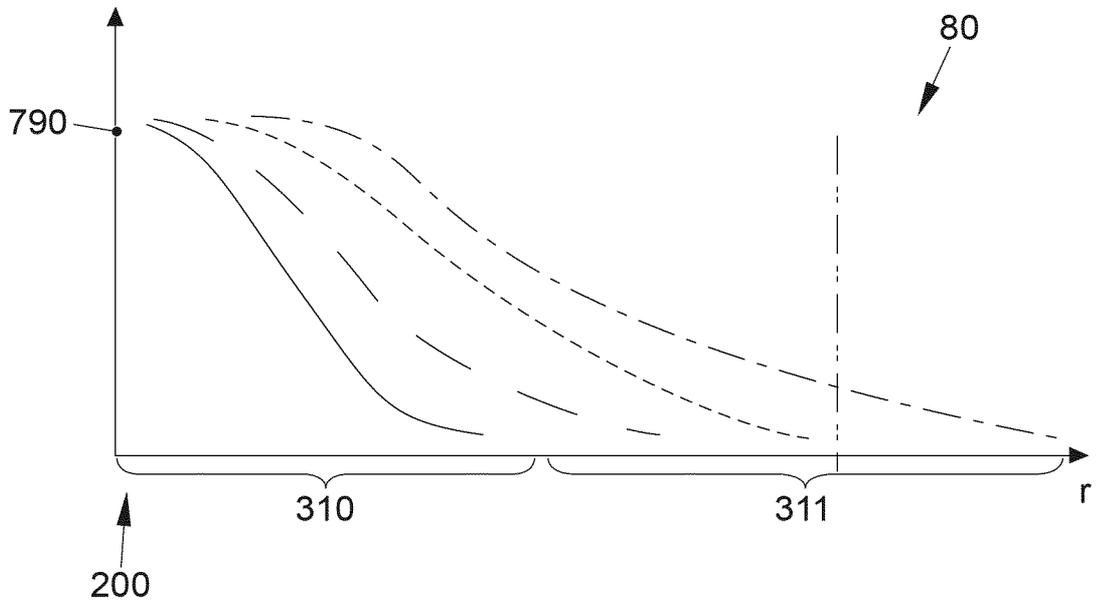


FIG. 7A

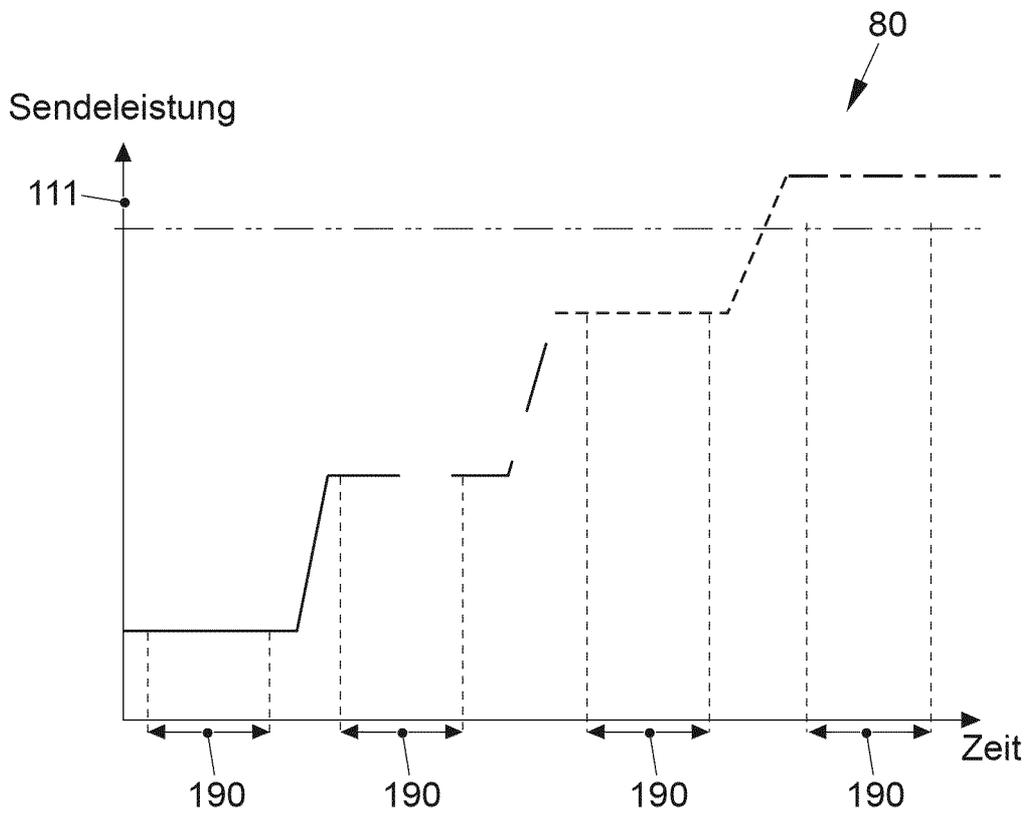


FIG. 7B

9/24

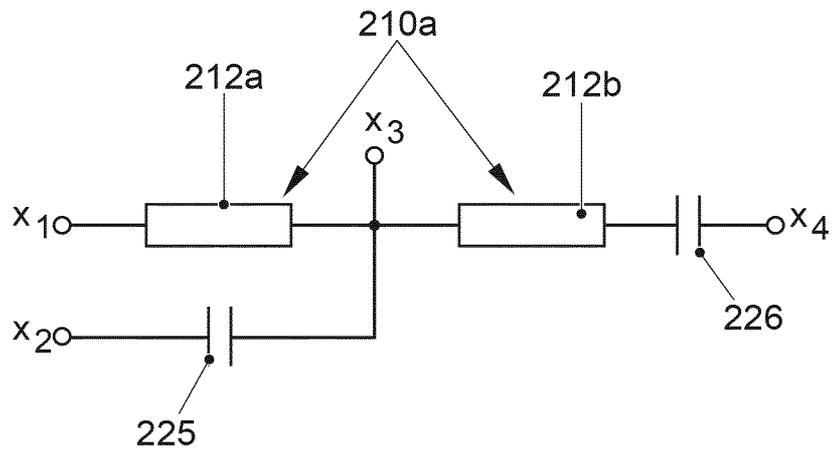


FIG. 8A

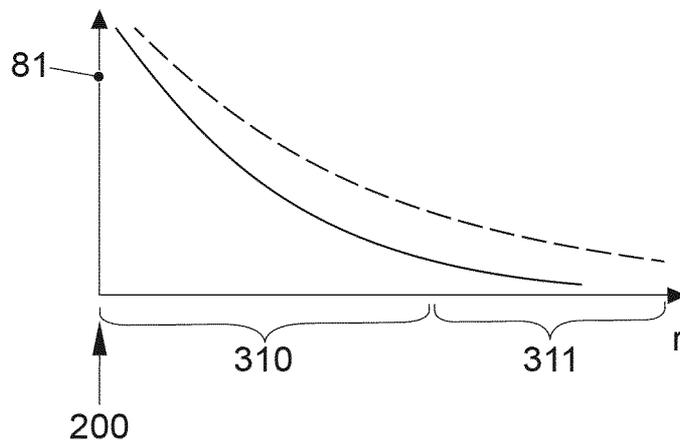


FIG. 8B

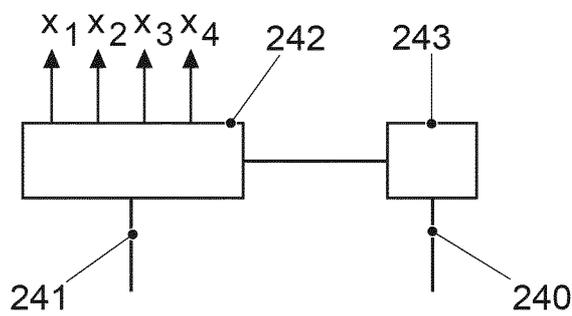


FIG. 8C

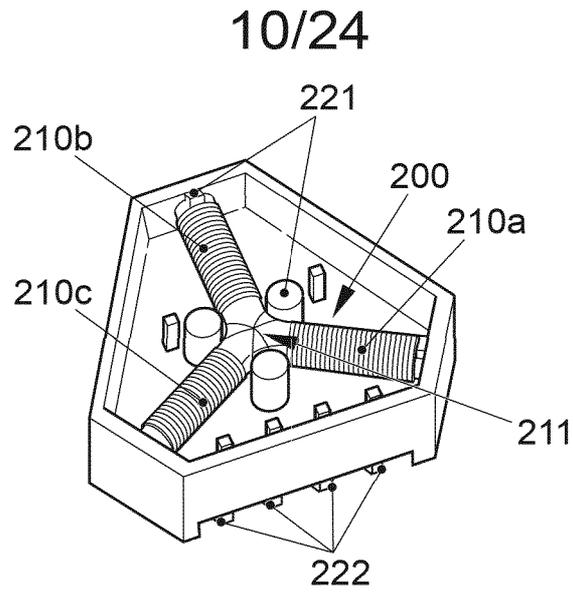


FIG. 9A

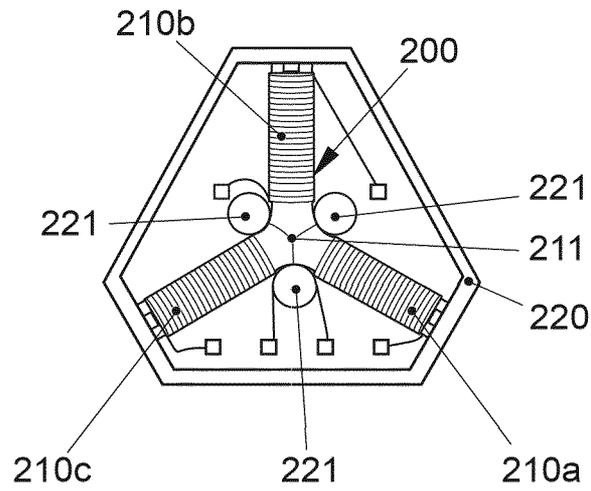


FIG. 9B

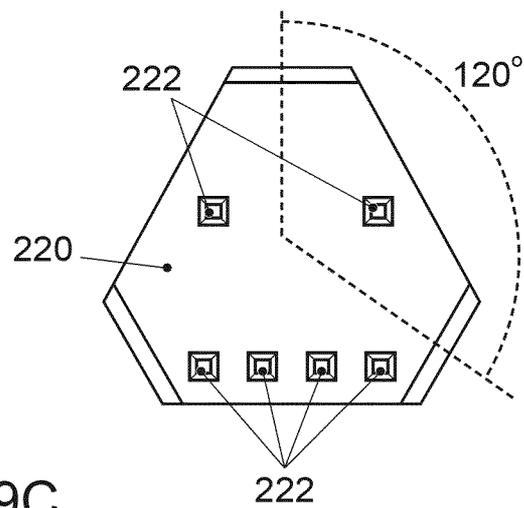


FIG. 9C

11/24

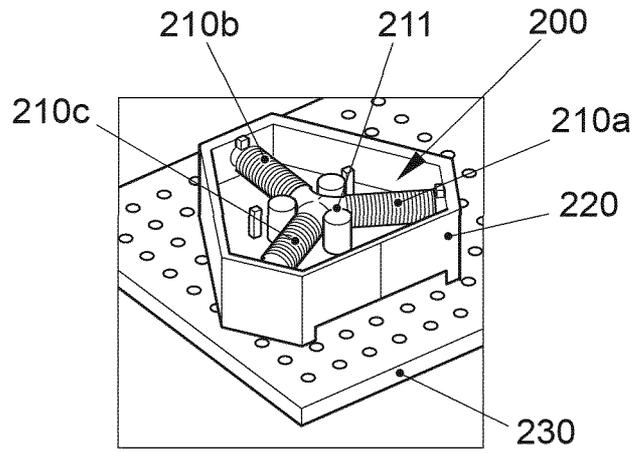


FIG. 9D

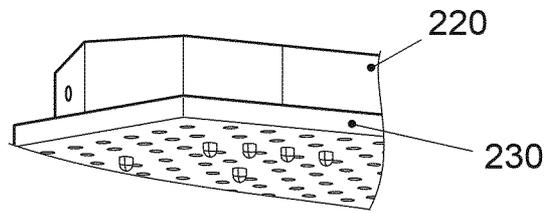


FIG. 9E

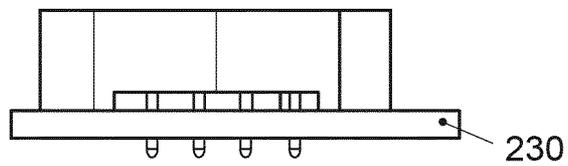


FIG. 9F

12/24

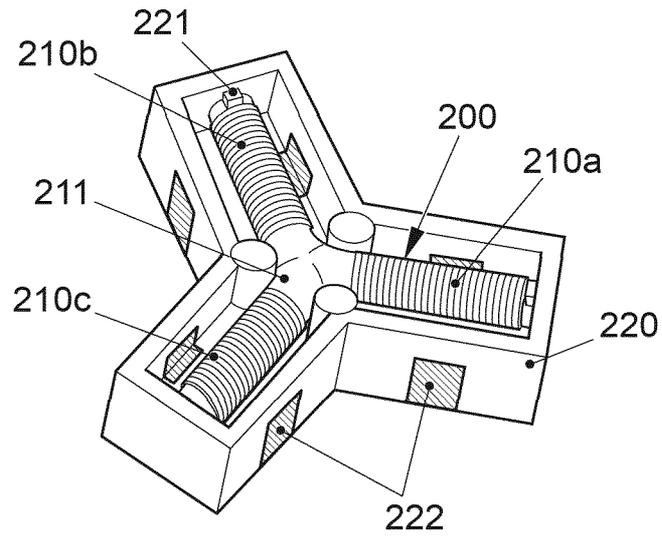


FIG. 10A

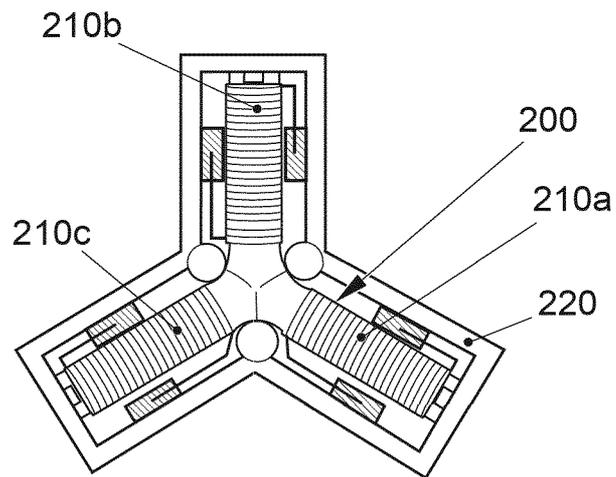


FIG. 10B

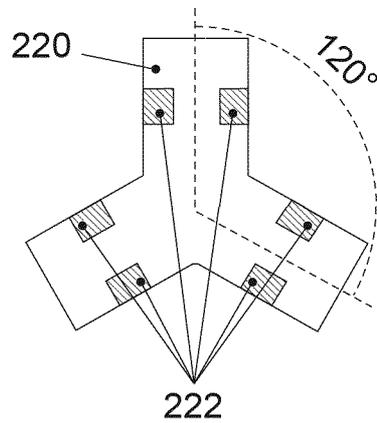


FIG. 10C

13/24

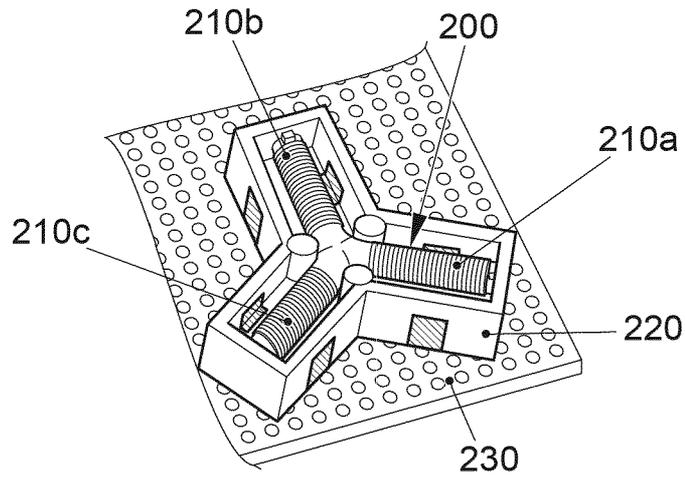


FIG. 10D

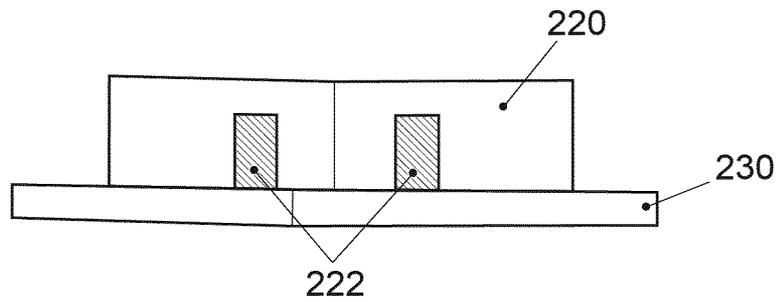


FIG. 10E

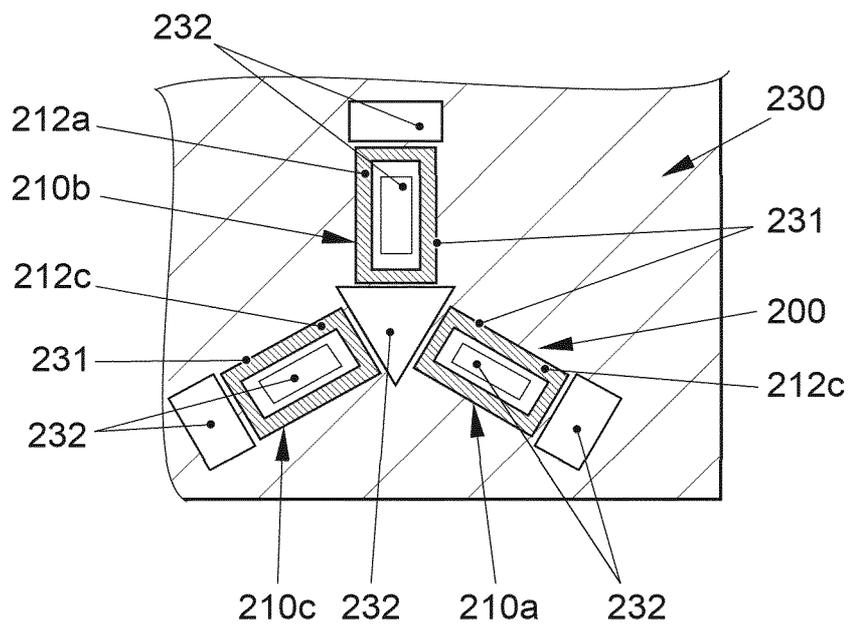


FIG. 11

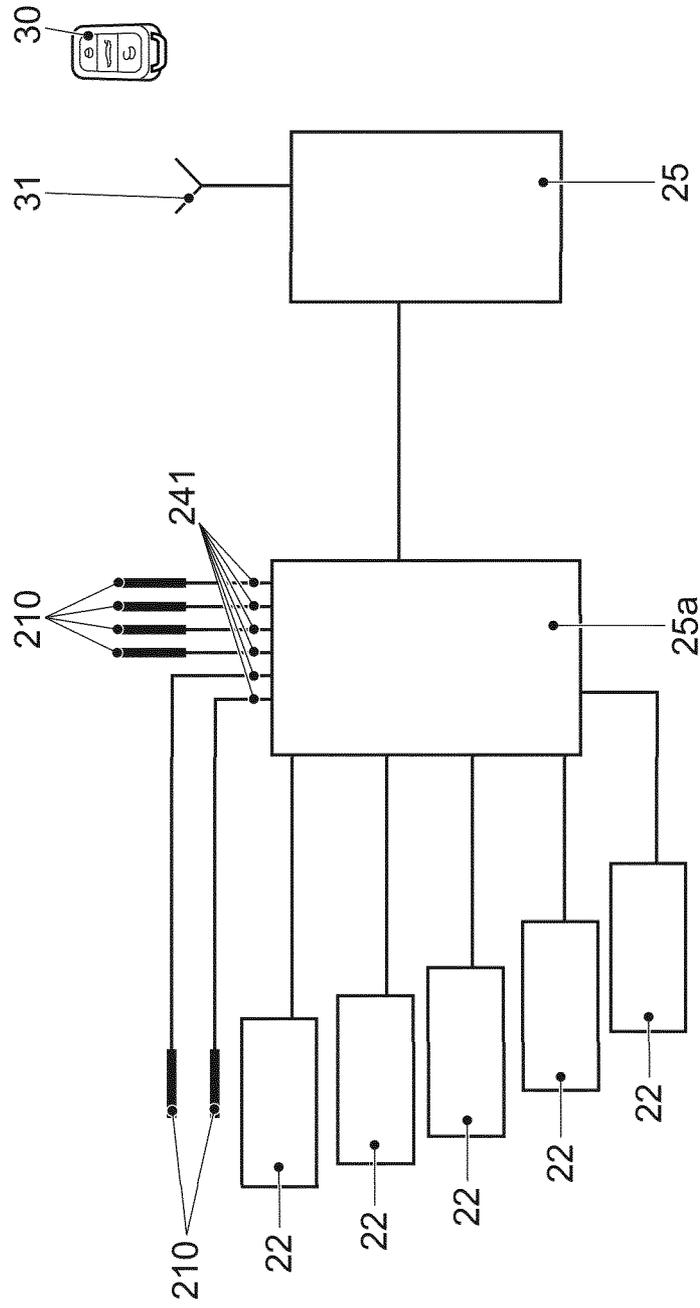


FIG. 12

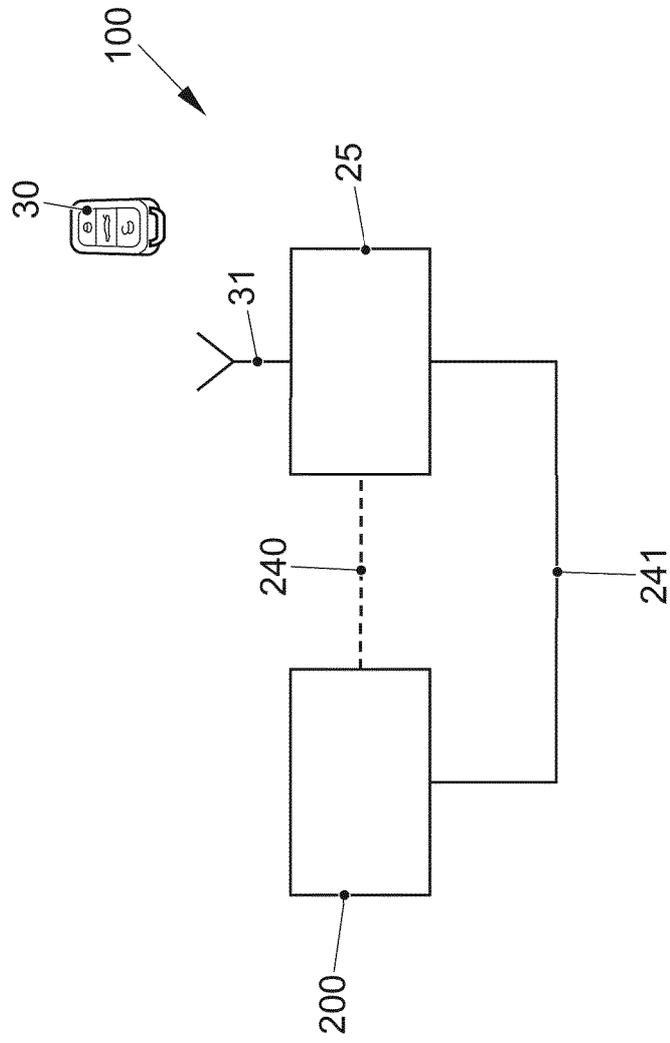


FIG. 13

16/24

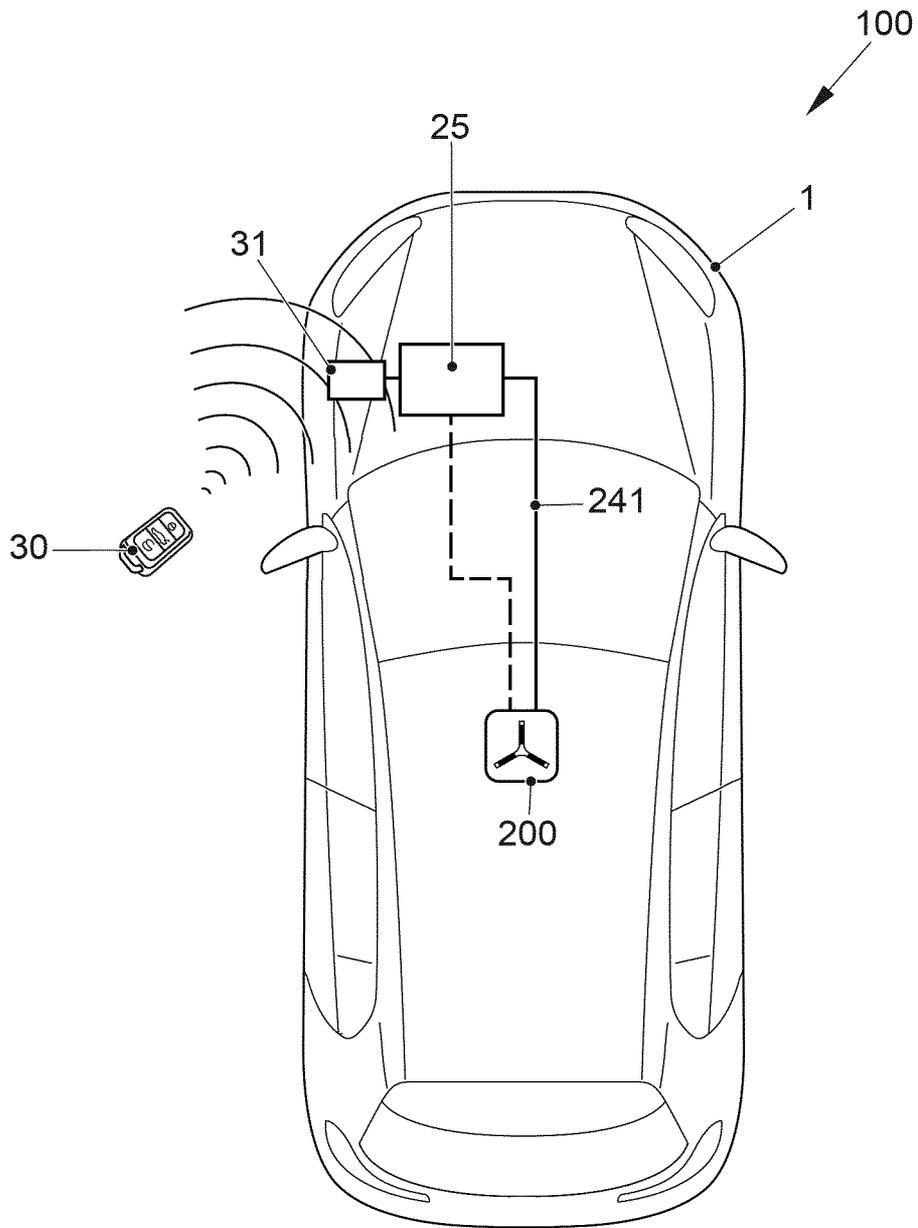


FIG. 14

17/24

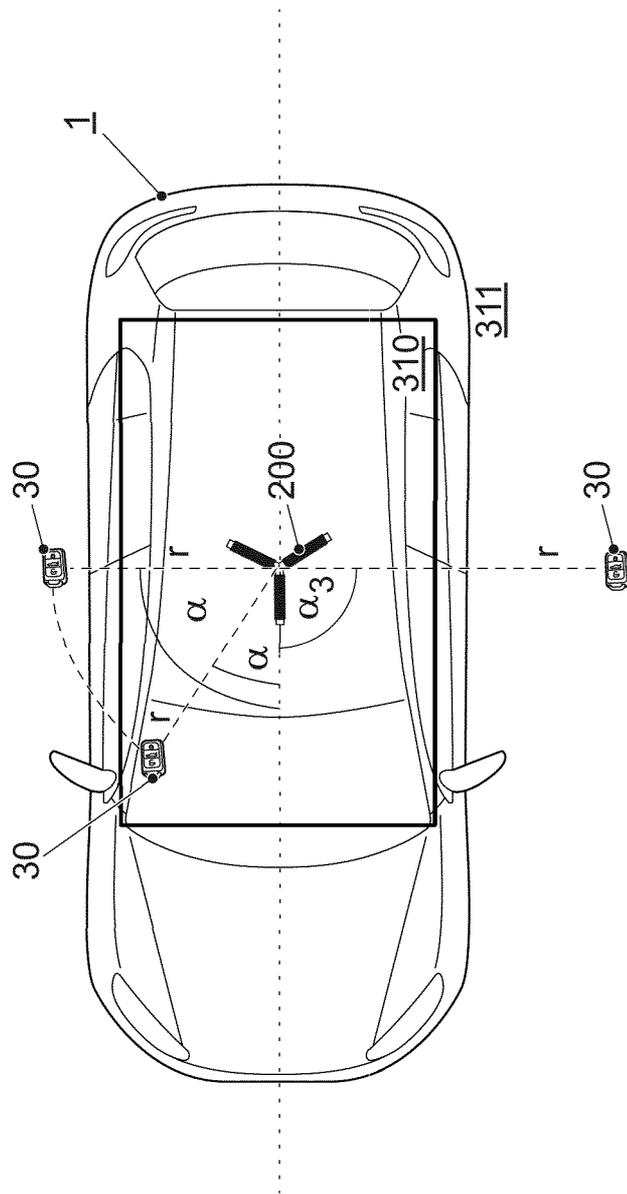


FIG. 15

18/24

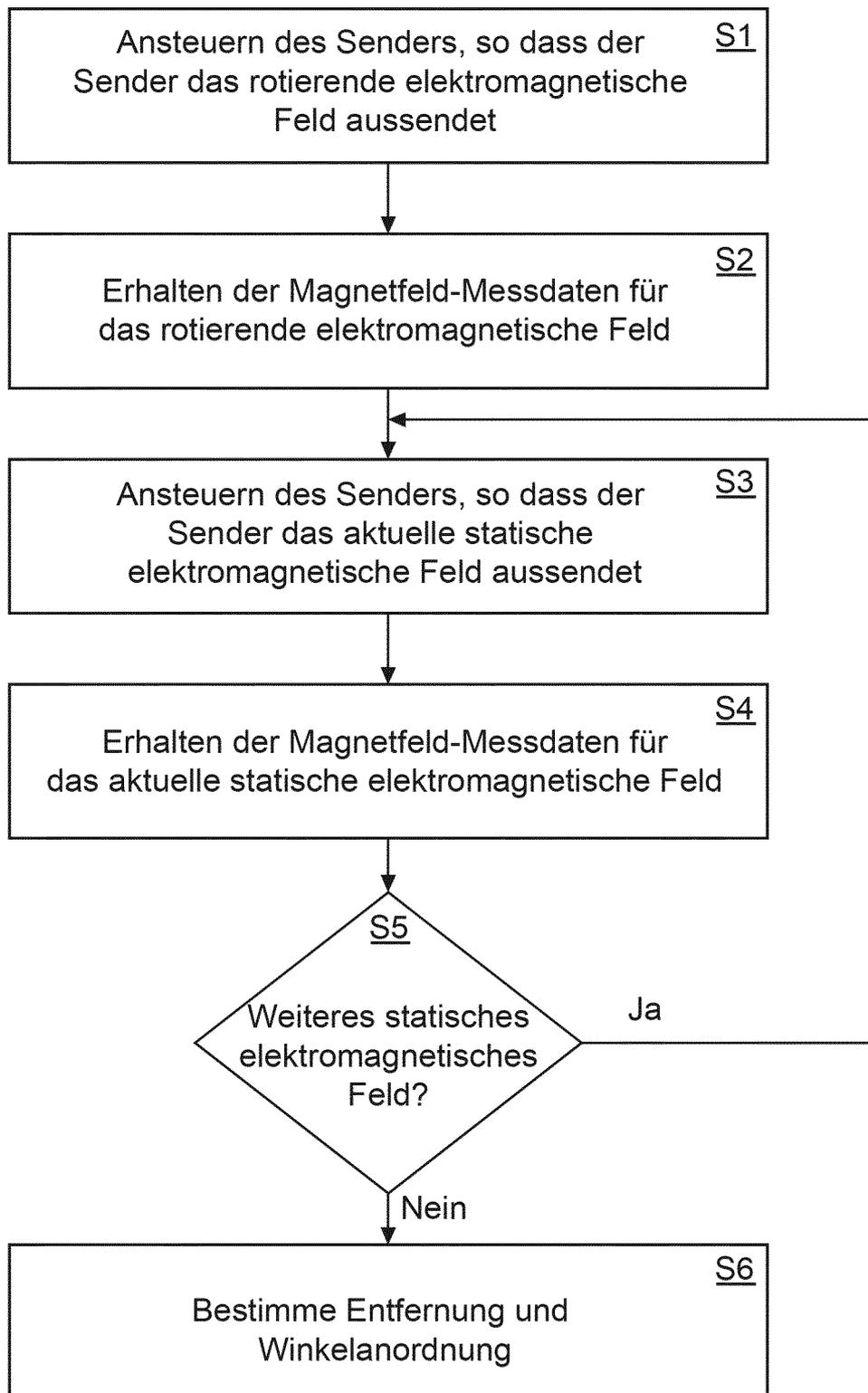


FIG. 16

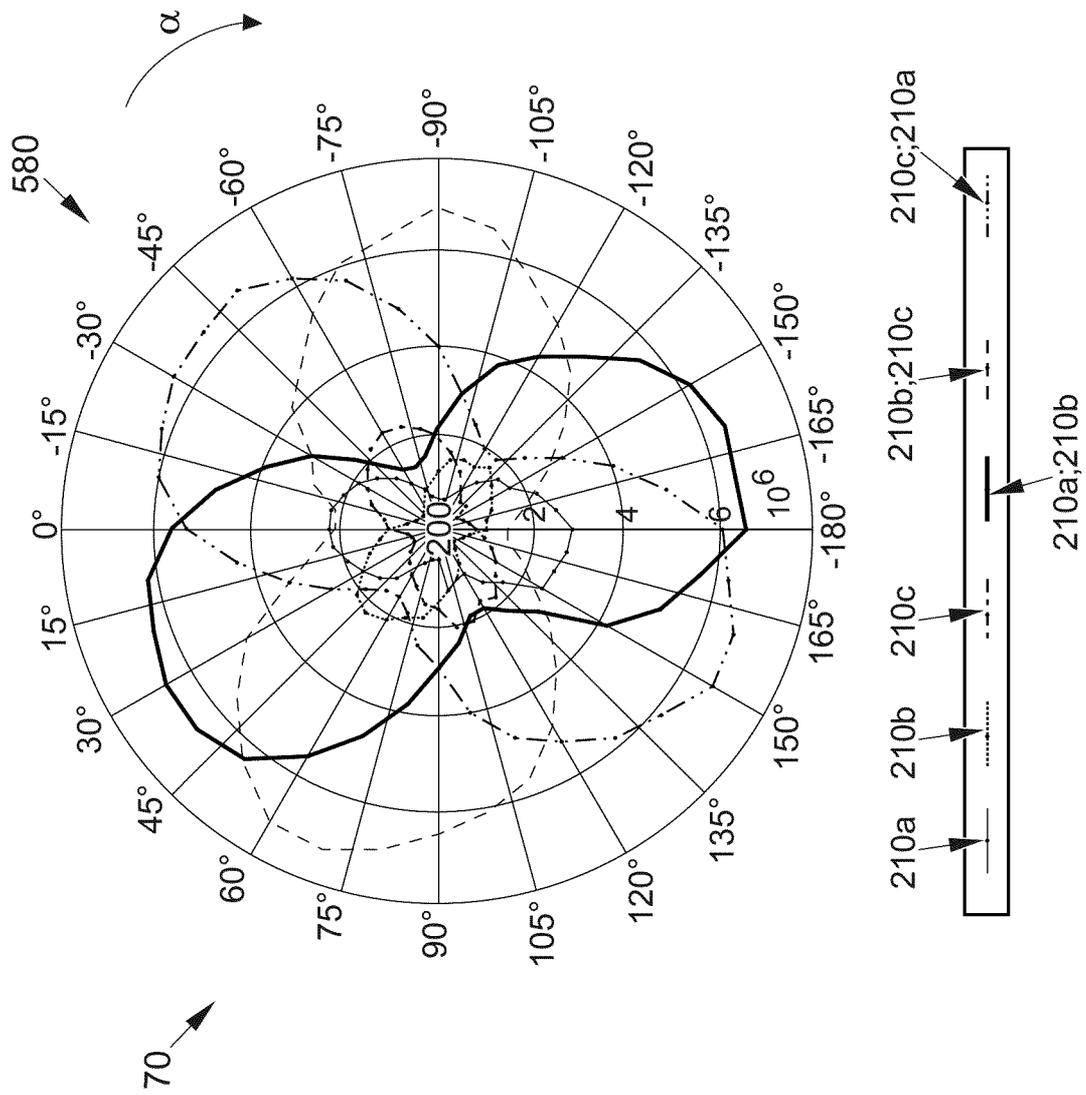


FIG. 17

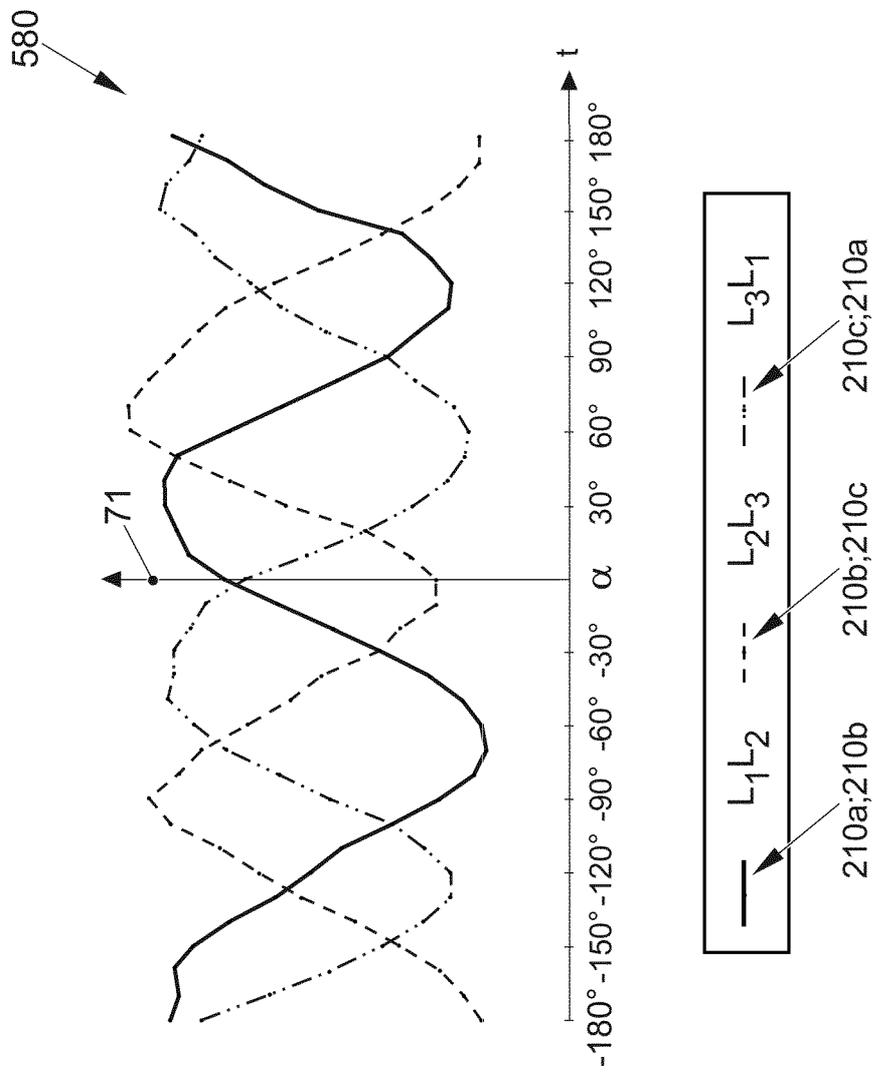


FIG. 18A

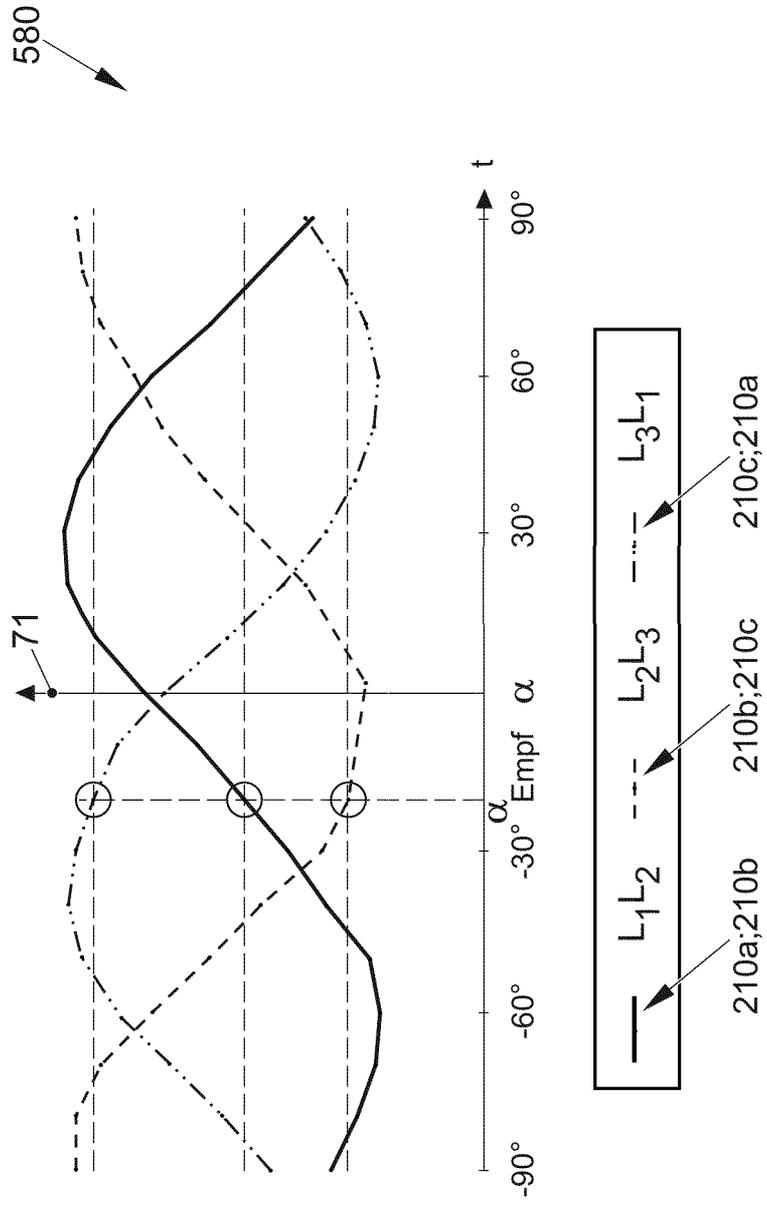


FIG. 18B

22/24

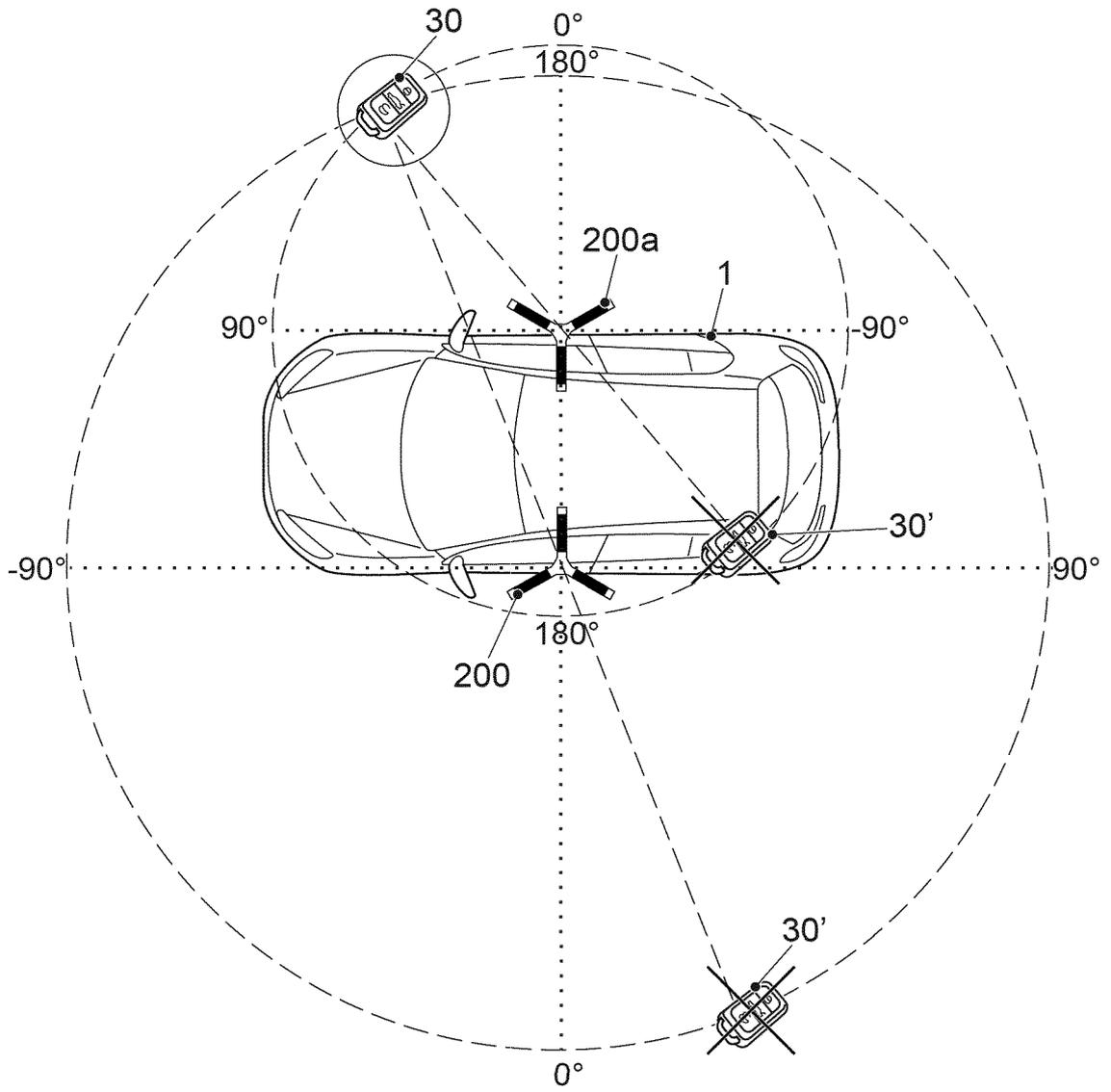


FIG. 19

23/24

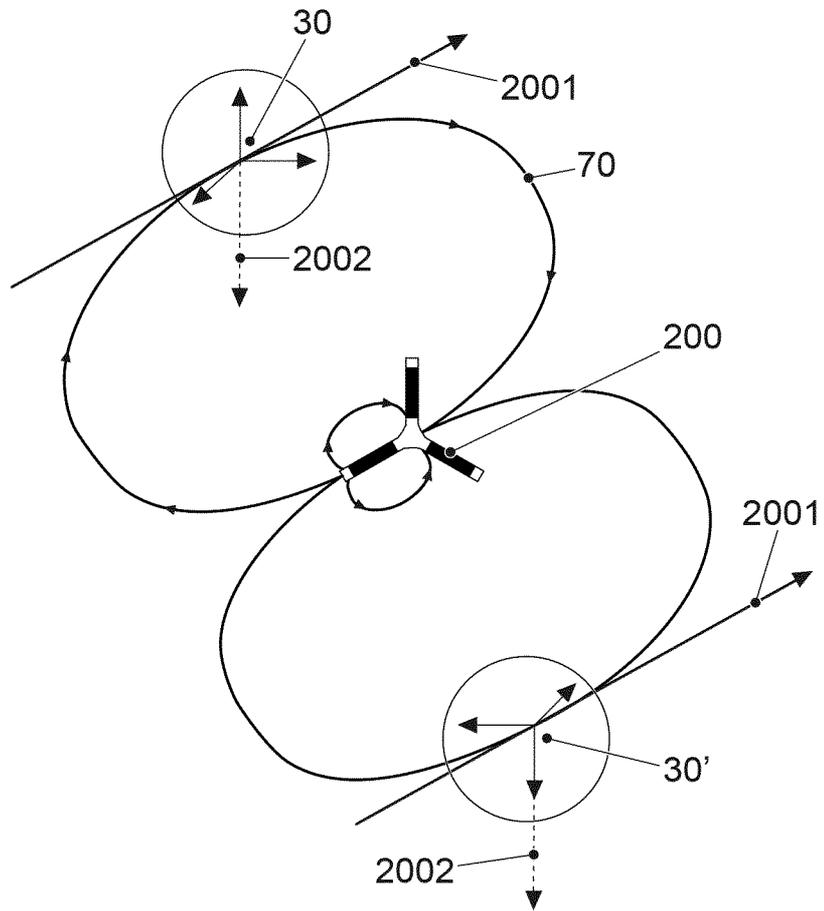


FIG. 20

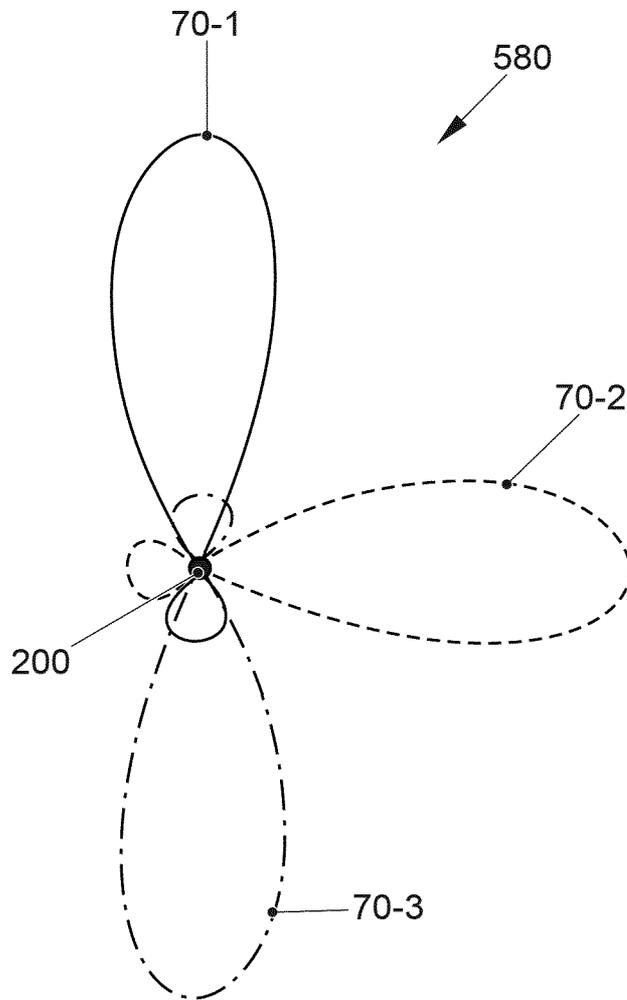


FIG. 21

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2016/062770

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. G01S1/12 G01B7/14 G01S1/14 G01S1/46 G01S5/12  
ADD.  
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED  
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
G01S G01B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 054 881 A (RAAB FREDERICK H) 18 October 1977 (1977-10-18)	1,7,8,11
Y	abstract column 1, line 6 - line 11 column 2, line 24 - line 52 column 4, line 48 - line 68 column 8, line 56 - line 65	2,3,13
Y	US 5 646 525 A (GILBOA PINHAS [IL]) 8 July 1997 (1997-07-08) abstract; figures column 2, line 18 - line 64 column 3, line 39 - line 43 column 4, line 66 - column 6, line 63	2,3,13
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search <b>9 September 2016</b>	Date of mailing of the international search report <b>19/09/2016</b>
--	---

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer <b>Roost, Joseph</b>
--	--

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2016/062770

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2012 017387 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 6 March 2014 (2014-03-06) cited in the application the whole document	1-15
A	----- DE 10 2008 012606 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 24 December 2009 (2009-12-24) the whole document -----	1-15

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2016/062770
---

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4054881	A	18-10-1977	NONE
US 5646525	A	08-07-1997	NONE
DE 102012017387 A1	06-03-2014	CN 104769453 A	08-07-2015
		DE 102012017387 A1	06-03-2014
		EP 2890996 A1	08-07-2015
		KR 20150048245 A	06-05-2015
		US 2015168544 A1	18-06-2015
		WO 2014033247 A1	06-03-2014
DE 102008012606 A1	24-12-2009	CN 102017296 A	13-04-2011
		DE 102008012606 A1	24-12-2009
		WO 2009109575 A1	11-09-2009

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2016/062770

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. G01S1/12 G01B7/14 G01S1/14 G01S1/46 G01S5/12  
 ADD.  
 Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE  
 Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
 G01S G01B

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

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 054 881 A (RAAB FREDERICK H) 18. Oktober 1977 (1977-10-18)	1,7,8,11
Y	Zusammenfassung Spalte 1, Zeile 6 - Zeile 11 Spalte 2, Zeile 24 - Zeile 52 Spalte 4, Zeile 48 - Zeile 68 Spalte 8, Zeile 56 - Zeile 65 -----	2,3,13
Y	US 5 646 525 A (GILBOA PINHAS [IL]) 8. Juli 1997 (1997-07-08) Zusammenfassung; Abbildungen Spalte 2, Zeile 18 - Zeile 64 Spalte 3, Zeile 39 - Zeile 43 Spalte 4, Zeile 66 - Spalte 6, Zeile 63 ----- -/--	2,3,13

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

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
9. September 2016	19/09/2016

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Roost, Joseph
--	--

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2012 017387 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 6. März 2014 (2014-03-06) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1-15
A	----- DE 10 2008 012606 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 24. Dezember 2009 (2009-12-24) das ganze Dokument -----	1-15

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/062770

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4054881	A	18-10-1977	KEINE
-----			
US 5646525	A	08-07-1997	KEINE
-----			
DE 102012017387 A1	06-03-2014	CN 104769453 A	08-07-2015
		DE 102012017387 A1	06-03-2014
		EP 2890996 A1	08-07-2015
		KR 20150048245 A	06-05-2015
		US 2015168544 A1	18-06-2015
		WO 2014033247 A1	06-03-2014
-----			
DE 102008012606 A1	24-12-2009	CN 102017296 A	13-04-2011
		DE 102008012606 A1	24-12-2009
		WO 2009109575 A1	11-09-2009
-----			