

(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. September 2008 (12.09.2008)

PCT

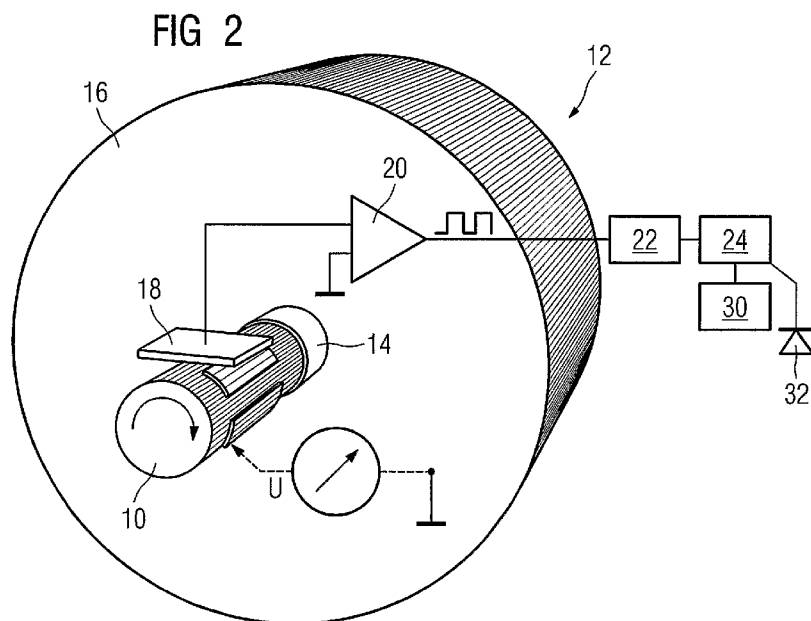
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2008/106910 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
**G01R 31/34** (2006.01) **G01R 29/12** (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2007/000425
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
8. März 2007 (08.03.2007)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HASSEL, Jörg** [DE/DE]; Birkenweg 25, 91058 Erlangen (DE). **KRETSCHMER, Hans-Richard** [DE/DE]; Forsterstrasse 37, 10999 Berlin (DE). **STECKENBORN, Arno**
- (74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ELECTRIC MACHINE AND METHOD FOR MEASURING THE POTENTIAL PRESENT ON A MOVABLE ELEMENT OF AN ELECTRIC MACHINE

(54) Bezeichnung: ELEKTRISCHE MASCHINE UND VERFAHREN ZUM MESSEN DES AN EINEM BEWEGLICHEN ELEMENT EINER ELEKTRISCHEN MASCHINE ANLIEGENDEN POTENTIALS



(57) Abstract: The potential on a movable element (10) of an electric machine is measured in that a capacity to the movable element is formed by means of an additional stationary element (18). The surface of the movable element is configured such that the capacity is modified to the predetermined type thereof during a movement of the movable element (10). A Maxwell displacement current flows by means of this modification of the capacity, the current being proportional to the potential to be measured.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2008/106910 A1



GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF,

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

**Veröffentlicht:**

— *mit internationalem Recherchenbericht*

---

**(57) Zusammenfassung:** Es wird das Potential an einem beweglichen Element (10) einer elektrischen Maschine dadurch gemessen, dass mit einem zusätzlichen unbeweglichen Element (18) eine Kapazität zu dem beweglichen Element gebildet wird. Die Oberfläche des beweglichen Elements wird so ausgestaltet, dass sich die Kapazität bei einer Bewegung des beweglichen Elements (10) auf seine vorbestimmte Art ändert. Durch diese Änderung der Kapazität fließt ein Maxwell'scher Verschiebungsstrom, der proportional zu dem zu messenden Potential ist.

## Beschreibung

Elektrische Maschine und Verfahren zum Messen des an einem beweglichen Element einer elektrischen Maschine anliegenden  
5 Potentials

Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine sowie ein Verfahren zum Messen des an einem beweglichen Element einer elektrischen Maschine anliegenden Potentials.

10

Es ist bekannt, zur Messung eines statischen Potentials ein kapazitives Element zu verwenden, von dem zumindest ein Teil so bewegt wird, dass sich die Kapazität des kapazitiven Elements ändert und ein Maxwellscher Verschiebungsstrom fließt.

15

Aus der Stromstärke des Maxwellschen Verschiebungsstroms kann dann das Potential abgeleitet werden. Dieses Prinzip wird beispielsweise bei der so genannten Feldmühle verwendet (vergleiche beispielsweise US-Patent 5,315,232) und bei dem aus der WO 2005/121819 A1 bekannten Messgerät. Das zu messende  
20 Potential liegt hierbei an einem unbeweglichen Element an.

Aus dem US-Patent 4,963,829 ist eine Einrichtung zum Messen der Drehgeschwindigkeit einer Welle bekannt, bei der axial an die Welle eine nicht kreisförmige Platte gekoppelt wird, und  
25 wobei eine zweite Platte als Gegenstück zu der Platte bereitgestellt ist und so mit dieser ein kapazitives Element bildet. Zwischen den Platten wird extern eine Spannung angelegt. Da die an die Welle gekoppelte Platte nicht kreisförmig ist, ändert sich die Kapazität des kapazitiven Elements während  
30 der Rotation der Welle, und dadurch fließt ein Maxwellscher Verschiebungsstrom. Aus dessen zeitlichem Verhalten kann die Drehgeschwindigkeit der Welle abgeleitet werden. Ein sich durch den Betrieb der Welle ausbildendes, an der Welle anliegendes Potential spielt in der US 4,963,829 keine Rolle. Zur  
35 Messung der Drehgeschwindigkeit muss eigens eine Spannung zwischen den beiden Platten angelegt werden.

Bei elektrischen Maschinen, die ein elektrisch leitendes bewegliches Element aufweisen, können sich elektrische Spannungen zwischen den beweglichen Elementen und den sonstigen Bauteilen der elektrischen Maschine, namentlich den unbeweglichen Elementen (Stator und Gehäuse), ausbilden. Die Ursachen hierfür können vielfältig sein: Die Spannungen können auf kapazitive oder induktive Kopplung, atmosphärische Felder und Defekte in den Maschinen zurückzuführen sein. Die sich ausbildenden Potentiale können zur Funktionsbeeinträchtigung führen. Regelmäßig werden durch hohe Spannungen Überschläge ausgelöst, welche zu einer Zerstörung des zwischen dem beweglichen Element der elektrischen Maschine und unbeweglichen Elementen bereitgestellten Schmierstoffs (durch dessen Verbrennung) führen können, und Funkenerosion kann sogar zu einer Zerstörung der Lagerung führen. Bisher erkennt man die Überschläge lediglich an ihren Wirkungen. Wirkung der Überschläge kann jedoch ein plötzlich auftretender Defekt der Maschine sein. Im Rahmen der so genannten vorbeugenden Wartung (im Englischen auch als „preventive maintenance“ bekannt) soll bei einer Alterung der Maschine regelmäßig ein Austausch von Bauteilen der elektrischen Maschine oder auch der gesamten elektrischen Maschine stattfinden, um einen überraschenden Defekt der elektrischen Maschine zu vermeiden. Es wäre wünschenswert, würde man Überschläge rechtzeitig erkennen oder gar vermeiden können. Es liegt nahe, dies über eine Messung des an dem beweglichen Element der elektrischen Maschine anliegenden Potentials zu tun. Diese Messung muss eine In-situ-Messung sein, die auch während des Betriebs der elektrischen Maschine erfolgt. Es ist im Stand der Technik kein Verfahren zur Messung des Potentials an einem solchen beweglichen Element einer elektrischen Maschine bekannt.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine solche Messung zu ermöglichen und hierzu eine verbesserte elektrische Maschine und ein geeignetes Messverfahren bereitzustellen. Die Aufgabe wird durch eine elektrische Maschine mit den Merkmalen gemäß Patentanspruch 1 und ein Verfahren mit den Merkmalen gemäß Patentanspruch 10 gelöst.

Somit umfasst die erfindungsgemäße elektrische Maschine ein auf vorbestimmte Art bewegliches, elektrisch leitendes Element und ein unbewegliches, elektrisch leitendes Element, das  
5 derart an das bewegliche Element gekoppelt ist, dass das unbewegliche Element und die (elektrisch leitende) Oberfläche des beweglichen Elements je eine Seite eines kapazitiven Elements bilden. Die Oberfläche des beweglichen Elements ist  
10 derart ausgebildet, dass sich bei der Bewegung des beweglichen Elements auf die vorbestimmte Art die Kapazität des kapazitiven Elements ändert. Die elektrische Maschine weist schließlich Mittel zum Messen der Stromstärkenamplitude des auf das unbewegliche Element und von ihm wegfließenden elektrischen Stroms auf.

15

Der Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass bei variabler Kapazität zwischen unbeweglichem Element und der Oberfläche des beweglichen Elements ein Maxwell'scher Verschiebungsstrom fließt, dessen Stromstärke proportional zu dem zwischen dem  
20 beweglichen Element und dem unbeweglichen Element gegebenen elektrischen Potentialunterschied ist. Es muss lediglich der Proportionalitätsfaktor bekannt sein bzw. ermittelt werden. Da die Potentialmessung an dem beweglichen Element nicht hochgenau sein muss, sondern lediglich einen Anhaltspunkt  
25 liefern muss, ob Überschläge stattfinden können, genügt es, wenn der Proportionalitätsfaktor größenordnungsmäßig bekannt ist.

Die Erfindung kann sowohl bei Drehantrieben als auch bei Linearantrieben verwendet werden. Somit kann das bewegliche Element ein rotatorisch bewegliches zylindrisches Bauteil  
30 sein, und dann stellt ein Abschnitt der Zylinderoberfläche des beweglichen Elements einen Teil des kapazitiven Elements bereit. Das bewegliche Element kann auch ein translatorisch bewegliches plattenförmiges Bauteil sein, und ein Abschnitt  
35 einer ebenen Oberfläche des beweglichen Elements stellt dann einen Teil des kapazitiven Elements bereit.

Bevorzugt sind in der elektrischen Maschine gesonderte Auswertemittel bereitgestellt, die von den Mitteln zum Messen der Stromstärke Messsignale empfangen und dazu ausgelegt sind, aus den Messsignalen aufgrund einer mathematischen oder einer empirisch ermittelten Beziehung einen Wert für das an dem beweglichen Element anliegende Potential abzuleiten. Wie bereits erwähnt, muss dieser Wert nicht hochgenau sein, sondern kann mit einem Fehler behaftet sein derart, dass die Auswertemittel ein Intervall für den Wert des elektrischen Potentials angeben.

Da die Ausbildung der Oberfläche des beweglichen Elements den Maxwell'schen Verschiebungsstrom vorgibt, kann die Messung des elektrischen Potentials umso genauer werden, je genauer der zeitliche Verlauf des gemessenen Maxwell'schen Verschiebungsstroms der Oberfläche zugeordnet werden kann. Hierbei können Störsignale die Genauigkeit der Auswertung beeinträchtigen. Um dies zu vermeiden, wird die Auswertung bevorzugt an eine Messung der jeweiligen Drehposition gekoppelt. Dies kann beispielsweise dadurch geschehen, dass optische Sensoren zur Abtastung der Bewegung des beweglichen Elements bereitgestellt sind, was dann möglich ist, wenn die Oberfläche des beweglichen Elements so gestaltet ist, dass sich mit der Änderung der Kapazität des kapazitiven Elements bei ihrer Bewegung auch ihr Aussehen ändert, so dass die Phase ableitbar ist. Die optischen Sensoren können dann Messsignale an die Auswertemittel senden, und die Auswertemittel müssen lediglich die Messsignale der optischen Sensoren bei der Ableitung des elektrischen Potentials aus den Messungen der Mittel zum Messen der Stromstärkenamplitude einbeziehen. Beispielsweise können durch die optischen Signale Taktungen für die Abfrage der Stromstärkenamplitudensignale vorgegeben werden.

Die Kapazität ist bei einem Plattenkondensator eine Funktion der Fläche der Platten, des Abstands der Platten und der Dielektrizitätskonstante des zwischen den Platten befindlichen Dielektrikums, welches Luft sein kann. Dementsprechend kann die Ausbildung der Oberfläche des beweglichen Elements zum

Zwecke der Änderung der Kapazität des kapazitiven Elements bei der Bewegung des beweglichen Elements so aussehen, dass die elektrisch leitende Oberfläche des beweglichen Elements so strukturiert ist, dass sich bei der Bewegung des beweglichen Elements der Abstand zwischen unbeweglichem Element und der Oberfläche des beweglichen Elements ändert. Es kann auch auf einem Teil der elektrisch leitenden Oberfläche des beweglichen Elements elektrisch nicht-leitendes Material aufgebracht sein, und es können beide Maßnahmen gleichzeitig getroffen sein. (Eine Flächenänderung der zueinander weisenden Seiten des kapazitiven Elements ist nur schwer konstruktiv zu verwirklichen.)

Die einfachste Form eines kapazitiven Elements ist ein Plattenkondensator. So ist bevorzugt das unbewegliche Element plattenförmig, wobei die Plattenform eben oder gewölbt sein kann. Beispielsweise kann bei einer elektrischen Maschine mit rotatorischem beweglichen Element der Wölbungsradius so gewählt sein, dass der Mittelpunkt des den Wölbungsradius definierenden Kreises mit dem Mittelpunkt der Zylinderform des beweglichen Bauteils zusammenfällt.

Das unbewegliche Element ist bevorzugt mechanisch mit anderen unbeweglichen Bauteilen der elektrischen Maschine verbunden, also mit dem Stator oder zumindest dem Gehäuse, in dem der Stator angeordnet ist. Die elektrische Verbindung erfolgt hingegen nicht unmittelbar, sondern z. B. über einen Gleichrichter oder z. B. über einen Analog-Digital-Wandler mit anschließender Digitalauswertung, dann weiter über die nachgeordneten Mittel zum Messen der Stromstärkenamplitude und gegebenenfalls die Auswertemittel.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Messen des an einem beweglichen Element einer elektrischen Maschine anliegenden Potentials umfasst die Schritte:

- Bereitstellen eines unbeweglichen Elements, das kapazitiv an das bewegliche Element gekoppelt wird bzw. ist,

- Versehen der Oberfläche des beweglichen Elements mit derartigen Strukturen oder Materialeigenschaften, dass sich die Kapazität zwischen dem beweglichen Element und dem unbeweglichen Element bei einer Bewegung des beweglichen Elements ändert,  
5
- Erfassen von Messwerten der Stromstärkenamplitude des auf das unbewegliche Element oder von ihm wegfließenden elektrischen Stroms,
- Ableiten des Potentials an dem beweglichen Element aus den  
10 Messwerten aufgrund einer mathematischen oder einer empirisch ermittelten Beziehung.

Die Auswertung wird bevorzugt an die Istbewegung des beweglichen Elements gekoppelt. So wird im Falle, dass sich das bewegliche Element rotatorisch bewegt, dessen Rotationsgeschwindigkeit gemessen und beim Ableiten des Potentials aus den Messwerten der Stromstärkenamplitude einbezogen. Im Falle, dass sich das bewegliche Element translatorisch bewegt, wird die Translationsgeschwindigkeit des beweglichen Elements  
15 gemessen und beim Ableiten des Potentials aus den Messwerten der Stromstärkenamplitude einbezogen.  
20

Nachfolgend werden bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung unter Bezug auf die Zeichnung beschrieben, in der:

25

FIG 1 im Querschnitt die eine Kapazität bildenden Teile der elektrischen Maschine gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung zeigt,

30

FIG 2 perspektivisch die vollständige Anordnung der elektrischen Maschine bei dieser Ausführungsform zeigt,

35

FIG 3 im Querschnitt die eine Kapazität bildenden Teile der elektrischen Maschine gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung zeigt,

FIG 4 im Querschnitt die eine Kapazität bildenden Teile der elektrischen Maschine gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung zeigt, und

5 FIG 5 im Querschnitt zur zweiten Ausführungsform der Erfindung gemäß FIG 3 eine optische Abtastung veranschaulicht.

Eine in FIG 1 im Querschnitt und in FIG 2 in perspektivischer  
10 Darstellung gezeigte Welle 10 ist als bewegliches Element Teil einer in FIG 2 im Ganzen gezeigten elektrischen Maschine 12. Die Welle 10 ist in einem Lager 14 gelagert, das sich wiederum in einem Stator 16 befindet. Zwischen der Welle 10 und dem Stator 16 kann sich eine elektrische Spannung U aus-  
15 bilden. Diese soll vorliegend gemessen werden. Zur Messung des Potentials soll eine veränderliche Kapazität verwendet werden, damit ein zur anliegenden Spannung U proportionaler Maxwellscher Verschiebungsstrom fließt. Zur Bildung einer Ka-  
20 pazität ist als unbewegliches Element eine Kondensatorplatte 18 bereitgestellt. Diese kann als ebener Quader ausgebildet sein, vergleiche FIG 2 und gestrichelte Linie in FIG 1, oder sie kann gewölbt sein, vergleiche durchgezogene Linie in FIG 1. Die Platte 18 ist mit einem Messwandler 20 (z. B. Strom-Spannungs-Wandler) verbunden. Der Messwandler 20 ist  
25 mit seinem Ausgang mit Mitteln 22 zum Messen der Höhe der vom Messwandler 20 ausgehenden Signale verbunden, und den Mitteln 22 zum Messen dieser Signalhöhe sind Auswertemittel 24 nachgeordnet, die die Messwerte empfangen und auswerten.

30 Die Funktionsweise der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine lässt sich näherungsweise anhand der Gleichung für einen Plattenkondensator erläutern. Für die Kapazität C eines Plattenkondensators gilt:

$$(1) \quad C = \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d},$$

35 wobei A die Fläche der einzelnen Platten des Plattenkondensators ist, d ihr Abstand ist,  $\varepsilon_0$  die Dielektrizitätskonstante und  $\varepsilon$  die Dielektrizitätszahl des zwischen den beiden Platten

befindlichen Materials ist, wobei für Vakuum  $\epsilon = 1$  gilt.

Gleichzeitig gilt für die Kapazität C:

$$(2) \quad C = \frac{Q}{U},$$

wobei Q die jeweilige Ladung auf den Kondensatorplatten ist  
5 und U die zwischen den Kondensatorplatten anliegende Spannung. Die Ladung Q ist nun das Produkt aus der Stromstärke mal der Zeit t. Aus den beiden Gleichungen (1) und (2) erhält man die neue Gleichung:

$$(3) \quad I \cdot t = Q = \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d} \cdot U$$

10 Tatsächlich messen bekannte Elektrometer die Ladung, um auf die Spannung U rückzuschließen. Dies ist vorliegend bei der elektrischen Maschine 12 nicht ohne weiteres möglich. Ändert sich nun aber eine der Größen, die die Kapazität gemäß Gleichung (1) definieren, so ändert sich die Ladung, es fließt  
15 also ein Strom. Während die Fläche A schwer veränderlich ist, ist es möglich, den Abstand d der Platten des Plattenkondensators kurzfristig zu ändern oder auch das zwischen den Platten befindliche Dielektrikum zu ändern und damit die Dielektrizitätszahl  $\epsilon$  zu ändern. Bei einer Erweiterung können d  
20 und  $\epsilon$  gleichzeitig verändert werden. Die übrigen Bestimmungsgrößen der Kapazität C können bekannt sein bzw. die konstanten Faktoren durch Kalibrierung ermittelt werden, so dass aufgrund des fließenden Stroms (also der zeitlichen Ableitung von Q) auf die Spannung U zurückgeschlossen werden kann, welche in Gleichung (3) als konstanter Faktor anzusehen ist.  
25

FIG 1 zeigt eine Ausführungsform, bei der näherungsweise ein Plattenkondensator zwischen der Welle 10 und der Platte 18 gebildet wird, wobei sich der Abstand zwischen den Platten  
30 periodisch ändert. Hierzu sind über einen axialen Abschnitt der Welle 10 Zähne 26 an der Welle 10 ausgebildet, die ebenfalls elektrisch leitend sind. Zur Bildung einer solchen Struktur kann die Welle 10 geeignet aus einem Metallteil gefräst werden. Kommt ein Zahn 26 an der Platte 18 vorbei, ist  
35 der Abstand zwischen den beiden Seiten des kapazitiven Elements klein. Kommt eine Lücke 28 zwischen zwei Zähnen 26 an

der Platte 18 vorbei, ist dieser Abstand größer. Durch den Wechsel zwischen Zähnen 26 und Lücke 28 fließt ein Maxwell-scher Verschiebungsstrom, der proportional zur Spannung  $U$  ist. Dieser Maxwellsche Verschiebungsstrom wird durch den  
5 Messwandler 20 gleichgerichtet, und seine Amplitude wird durch die Mittel 22 zum Messen der Amplitude gemessen. Die Messwerte werden dem Auswertemittel 24 zugeführt. In dem Auswertemittel 24 ist entweder eine mathematische Beziehung, zum Beispiel entsprechend Gleichung (3) mit Zahlenwerten für die  
10 konstanten Faktoren, eingespeichert, oder eine empirische Beziehung mit Tabellenwerten. Die Auswertemittel 24 können dann auf die Spannung  $U$  zurückwirken. Die Spannung  $U$  soll gemessen werden, um für die elektrische Maschine 12 schädliche Überschlüsse rechtzeitig voraussehen zu können. Entweder wird auf  
15 einem Display 30 der Zahlenwert der Spannung  $U$  angezeigt oder angezeigt, dass die Spannung  $U$  einen Grenzwert überschritten hat, ab dem die elektrische Maschine 12 Beschädigungen durch auf die Spannung  $U$  zurückliegende Ströme und Überschlüsse erleiden könnte, oder es wird an eine Warnlampe 32 ein Stromsignal ausgegeben, damit dieses anzeigt, wenn die Spannung  $U$   
20 einen vorbestimmten Grenzwert überschritten hat.

Bei der Ausführungsform gemäß FIG 3 sind die Zwischenräume zwischen den Zähnen 26 im Unterschied zur Ausführungsform gemäß FIG 1 mit einem Dielektrikum 34 gefüllt. Es ändert sich  
25 dann bei einer Drehung der Welle 10' wie bei der ersten Ausführungsform der Abstand  $d$ , aber nicht so, dass  $\epsilon$  konstant ist, sondern dass über einen Teil des Abstands die Dielektrizitätszahl  $\epsilon$  des Dielektrikums 34 zu verwenden ist. Es sei  
30 angemerkt, dass im Falle der Ausführungsform gemäß FIG 3 der Maxwell'sche Verschiebungsstrom geringer ist, weil eine Erhöhung von  $\epsilon$  einer Erhöhung des Abstands  $d$  entgegenwirkt, vergleiche die Plattenkondensatorformel (3).

35 Bei der Welle 10'' gemäß FIG 4 ist eine dritte Ausführungsform verwirklicht. Hier ist das elektrisch leitende Material der Welle durchgehend kreisförmig im Querschnitt, und über einen axialen Abschnitt ist ein Dielektrikum 36 aufgebracht.

Das Dielektrikum 36 kann beispielsweise durch einfache Klebestreifen („Tape“) bereitgestellt sein. In diesem Falle wird bei einer Drehung der Welle 10'' lediglich das Dielektrikum geändert, es ändert sich also  $\epsilon$ , während der Abstand  $d$ , der ja zwischen den elektrisch leitenden Bauteilen definiert ist, konstant bleibt.

Sämtliche drei Ausführungsformen (Welle 10 aus FIG 1, Welle 10' aus FIG 3, Welle 10'' aus FIG 4) sind dergestalt, dass sich die Oberfläche bei einer Drehung der jeweiligen Welle auch optisch ändert. Somit kann mithilfe einer geeigneten optischen Abtastung 38 (z. B. LED-Lichtschanke) die Oberfläche dauerhaft abgetastet werden. Die LED-Lichtschanke 38 ermittelt somit den Rhythmus der Änderungen auf der Oberfläche mit der Drehung der Welle und die LED-Lichtschanke 38 ist mit den Auswertemitteln 24 gekoppelt. Diese kann die von den Mitteln 22 zum Messen der Stromstärkenamplitude ausgegebenen Messsignale in Beziehung zu den Messsignalen der LED-Lichtschanke 38 setzen, so dass eine Phasenbeziehung ermittelt wird. Die Messsignale von den Mitteln 22 zum Messen können somit synchron abgefragt werden. Dadurch wird der Einfluss von Störsignalen, die bei der Größe der elektrischen Maschine 12 naturgemäß auftreten können, unterdrückt.

Die erfindungsgemäßen Prinzipien können genauso auch bei einer elektrischen Maschine mit einem translatorisch beweglichen Element (Linearmotor) angewandt werden. Beispielsweise kann das translatorisch bewegliche Element plattenförmig sein, und die Oberfläche dieser Platte kann uneben gestaltet sein, in Entsprechung zu den Zähnen 26 der Welle 10 oder 10'. Auf die Platte kann auch die dielektrisches Material aufgebracht sein. Beispielsweise können in festen Abständen Streifen dielektrischem Klebeband nach Art der Streifen 36 auf der Welle 10' aufgebracht sein.

## Patentansprüche

1. Elektrische Maschine (12), mit einem auf vorbestimmte Art beweglichen, elektrisch leitenden Element (10, 10', 10''),  
5 und mit einem unbeweglichen, elektrisch leitenden Element (18), das derart an das bewegliche Element (10, 10', 10'') gekoppelt ist, dass das unbewegliche Element (18) und die Oberfläche des beweglichen Elements (10, 10', 10'') je eine Seite eines kapazitiven Elements bilden, wobei die Oberfläche  
10 des beweglichen Elements (10, 10', 10'') derart ausgebildet ist, dass sich bei der Bewegung des beweglichen Elements (10, 10', 10'') auf die vorbestimmte Art die Kapazität des kapazitiven Elements ändert, und wobei die elektrische Maschine (12) ferner Mittel (20, 22) zum Messen der Stromstärkenamplitude des auf das unbewegliche Element und von ihm wegfließenden elektrischen Stroms umfasst.

2. Elektrische Maschine (12) nach Anspruch 1, bei der das bewegliche Element (10, 10', 10'') ein rotatorisch bewegliches  
20 zylindrisches Bauteil ist und ein Abschnitt der Zylinderoberfläche des beweglichen Elements einen Teil des kapazitiven Elements bereitstellt.

3. Elektrische Maschine (12) nach Anspruch 1, bei der das bewegliche Element ein translatorisch bewegliches plattenförmiges Bauteil ist und ein Abschnitt einer ebenen Oberfläche des beweglichen Elements einen Teil des kapazitiven Elements bereitstellt.

30 4. Elektrische Maschine (12) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit Auswertemitteln (24), die von den Mitteln (22) zum Messen der Stromstärkenamplitude Messsignale empfangen und dazu ausgelegt sind, aus den Messsignalen aufgrund einer mathematischen oder einer empirisch ermittelten Beziehung einen Wert für das an dem beweglichen Element anliegende Potential abzuleiten.

5. Elektrische Maschine (12) nach Anspruch 4, mit optischen Sensoren (38) zum Abtasten der Bewegung des beweglichen Elements (10'), wobei die optischen Sensoren (38) Messsignale an die Auswertemittel (24) senden, und wobei die Auswertemittel (24) dazu ausgelegt sind, die Messsignale der optischen Sensoren (38) bei der Ableitung des elektrischen Potentials aus den Messsignalen der Mittel (22) zum Messen der Stromstärkeamplitude einzubeziehen.
- 10 6. Elektrische Maschine (12) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die elektrisch leitende Oberfläche des beweglichen Elements (10, 10') so strukturiert ist, dass sich bei der Bewegung des beweglichen Elements (10, 10') der Abstand zwischen unbeweglichem Element (18) und der Oberfläche des beweglichen Elements (10, 10') ändert.
- 15 7. Elektrische Maschine (12) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der auf einem Teil der elektrisch leitenden Oberfläche des beweglichen Elements (10', 10'') elektrisch nicht leitendes Material (34, 36) aufgebracht ist.
- 20 8. Elektrische Maschine (12) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das unbewegliche Element (18) plattenförmig ist.
- 25 9. Elektrische Maschine (12) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das unbewegliche Element (18) mit einem Gehäuse (16) des elektrischen Motors der elektrischen Maschine (12) oder anderen unbeweglichen Bauteilen der elektrischen Maschine (12) mechanisch verbunden ist.
- 30 10. Verfahren zum Messen des an einem beweglichen Element (10, 10', 10'') einer elektrischen Maschine (12) anliegenden Potentials, mit den Schritten:
- 35 - Bereitstellen eines unbeweglichen Elements (18), das kapazitiv an das bewegliche Element (10, 10', 10'') gekoppelt ist,

- Versehen der Oberfläche des beweglichen Elements (10, 10', 10'') mit derartigen Strukturen oder Materialeigenschaften, dass sich die Kapazität zwischen dem beweglichen Element (10, 10', 10'') und dem unbeweglichen Element (18) bei einer Bewegung des beweglichen Elements (10, 10', 10'') ändert,  
5
  - Erfassen von Messwerten der Stromstärkenamplitude des auf das unbewegliche Element oder von ihm wegfließenden elektrischen Stroms,
  - 10 - Ableiten des Potentials an dem beweglichen Element aus den Messwerten aufgrund einer mathematischen oder einer empirisch ermittelten Beziehung.
11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem sich das bewegliche  
15 Element (10, 10', 10'') rotatorisch bewegt, und bei dem die Rotationsgeschwindigkeit des beweglichen Elements gemessen und beim Ableiten des Potentials aus den Messwerten der Stromstärkenamplitude einbezogen wird.
- 20 12. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem sich das bewegliche Element translatorisch bewegt, und bei dem die Translationsgeschwindigkeit des beweglichen Elements gemessen und beim Ableiten des Potentials aus den Messwerten der Stromstärkenamplitude einbezogen wird.

FIG 1

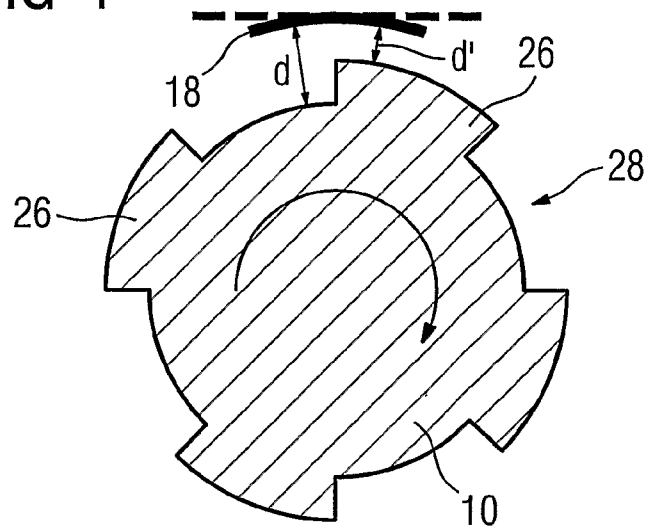
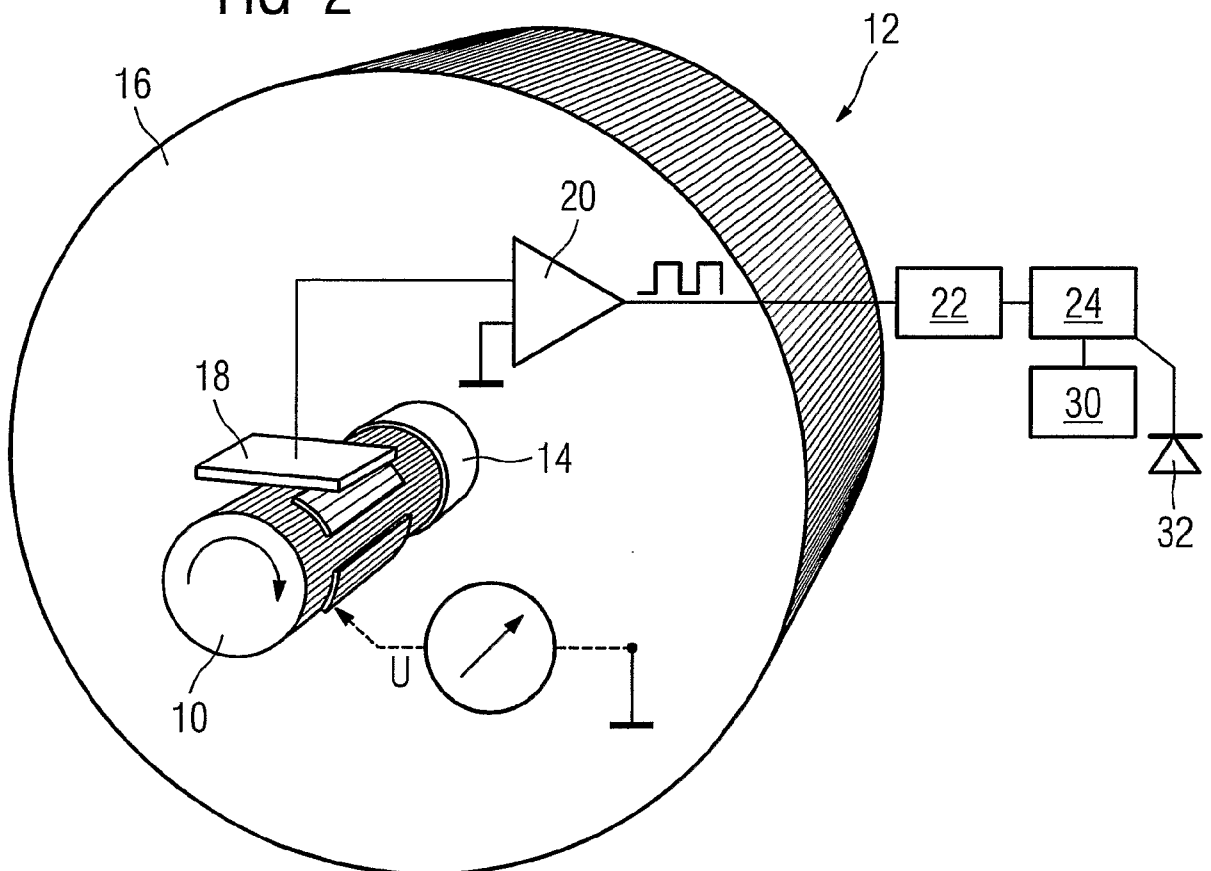


FIG 2



2 / 2

FIG 3

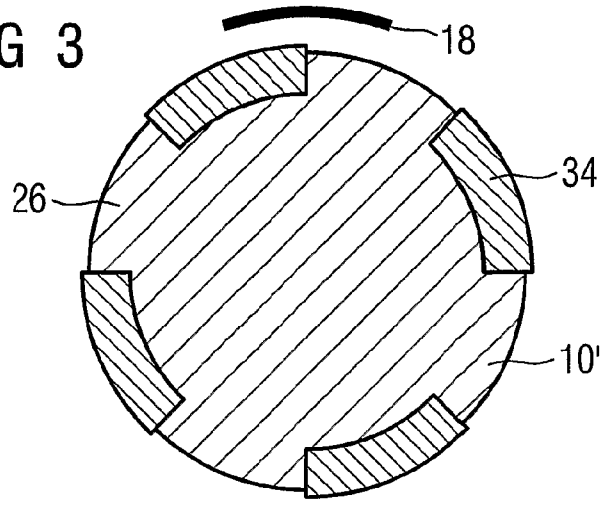


FIG 4

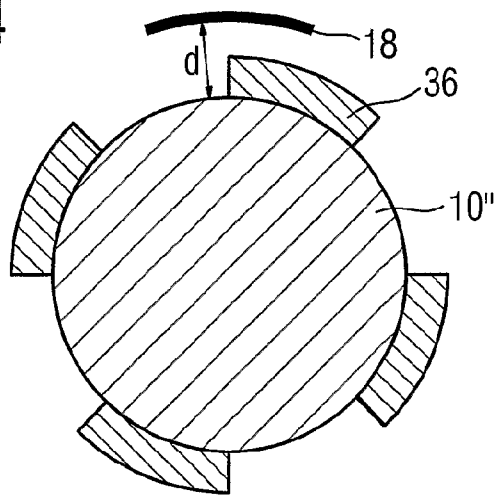
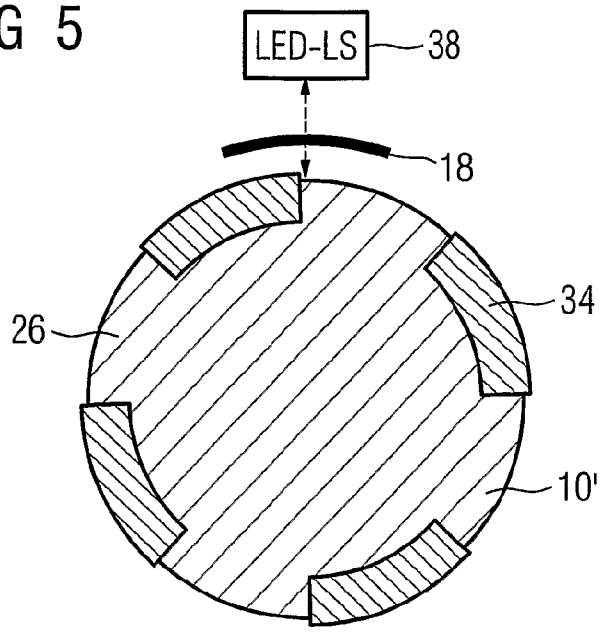


FIG 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/DE2007/000425

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. G01R31/34 G01R29/12

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)  
G01R G01D G01M H02K

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

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 963 829 A (WEREB JOHN A [US]) 16 October 1990 (1990-10-16) cited in the application	1-3, 6-9
Y	abstract; figures 3a-c, 5a, 15-22f  column 5, line 31 - line 36 column 18, line 30 - line 38	4, 5, 10-12
Y	WO 2006/134068 A (SIEMENS AG [DE]; BRAUER MICHAEL [DE]; HASSEL JOERG [DE]; PROBOL CARSTE) 21 December 2006 (2006-12-21) abstract; claims 1, 3; figures 4, 5 page 10, line 33 - page 11, line 5	4, 5, 10-12
X	US 5 315 232 A (STEWART MICHAEL F [US]) 24 May 1994 (1994-05-24) cited in the application abstract; figures 5, 6, 12A, B, 24, 27	1
	----- -/--	

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 document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

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

Date of the actual completion of the international search

22 November 2007

Date of mailing of the international search report

30/11/2007

Name and mailing address of the ISA/  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer  
  
Fritz, Stephan C.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/DE2007/000425

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 448 337 A (WILLIAMS BRUCE T [US]) 5 September 1995 (1995-09-05) abstract; figures 1,2 -----	1, 10

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/DE2007/000425

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
US 4963829	A	16-10-1990	EP	0539364 A1	05-05-1993
			WO	9201942 A1	06-02-1992
WO 2006134068	A	21-12-2006	DE	102005027670 A1	11-01-2007
US 5315232	A	24-05-1994	NONE		
US 5448337	A	05-09-1995	JP	8178898 A	12-07-1996

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen  
PCT/DE2007/000425

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> INV. G01R31/34 G01R29/12		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b> Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01R G01D G01M H02K		
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		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 963 829 A (WEREB JOHN A [US]) 16. Oktober 1990 (1990-10-16) in der Anmeldung erwähnt	1-3,6-9
Y	Zusammenfassung; Abbildungen 3a-c,5a,15-22f Spalte 5, Zeile 31 - Zeile 36 Spalte 18, Zeile 30 - Zeile 38 -----	4,5, 10-12
Y	WO 2006/134068 A (SIEMENS AG [DE]; BRAUER MICHAEL [DE]; HASSEL JOERG [DE]; PROBOL CARSTE) 21. Dezember 2006 (2006-12-21) Zusammenfassung; Ansprüche 1,3; Abbildungen 4,5 Seite 10, Zeile 33 - Seite 11, Zeile 5 ----- -/--	4,5, 10-12
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche : 22. November 2007		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts : 30/11/2007
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Fritz, Stephan C.

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2007/000425

## C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 315 232 A (STEWART MICHAEL F [US]) 24. Mai 1994 (1994-05-24) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildungen 5, 6, 12A, B, 24, 27 -----	1
X	US 5 448 337 A (WILLIAMS BRUCE T [US]) 5. September 1995 (1995-09-05) Zusammenfassung; Abbildungen 1, 2 -----	1, 10

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2007/000425

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4963829	A	16-10-1990	EP	0539364 A1	05-05-1993
			WO	9201942 A1	06-02-1992
WO 2006134068	A	21-12-2006	DE	102005027670 A1	11-01-2007
US 5315232	A	24-05-1994	KEINE		
US 5448337	A	05-09-1995	JP	8178898 A	12-07-1996