



(11) **EP 3 375 571 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
19.09.2018 Patentblatt 2018/38

(51) Int Cl.:
B25B 21/00 (2006.01) B25F 5/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18158384.0**

(22) Anmeldetag: **23.02.2018**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD TN

(72) Erfinder:
• **Nickel, Christian**
90513 Zirndorf (DE)
• **Seitz, Jochen**
90559 Burgthann (DE)

(30) Priorität: **23.02.2017 DE 102017202976**

(74) Vertreter: **Pfitzner, Hannes et al**
Schoppe, Zimmermann, Stöckeler
Zinkler, Schenk & Partner mbB
Patentanwälte
Radlkoferstraße 2
81373 München (DE)

(71) Anmelder: **Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.**
80686 München (DE)

(54) **SENSORIK FÜR EINEN ELEKTROSCHRAUBER ZUR KLASSIFIZIERUNG VON SCHRAUBVORGÄNGEN MITTELS EINES MAGNETFELDSENSORS**

(57) Eine Sensorik für einen Elektroschrauber umfasst einen Magnetfeldsensor sowie eine Auswerteeinheit. Der Magnetfeldsensor ist ausgebildet, um ein Magnetfeld, welches aus der Bewegung eines Elektromotors des Elektroschraubers herrührt, zu detektieren und,

um als Signal die Magnetfeldstärke auszugeben. Die Auswerteeinheit ist ausgebildet, um anhand des Verlaufs des Signals bezüglich der Magnetfeldstärke über die Zeitschraub- und/oder Bohrvorgänge zu klassifizieren.

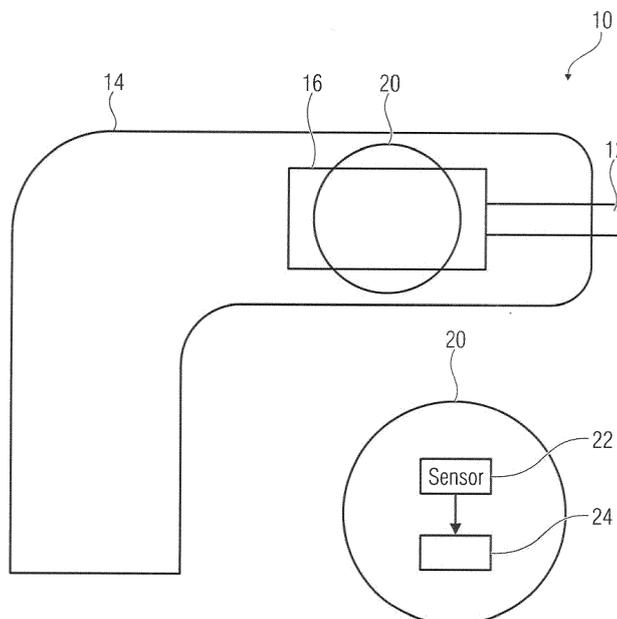


Fig. 1

EP 3 375 571 A2

Beschreibung

[0001] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beziehen sich auf eine Sensorik für einen Elektroschrauber sowie auf ein entsprechendes Verfahren zum Klassifizieren von Bohr- und Schraubvorgängen. Bevorzugte Ausführungsbeispiele beziehen sich auf eine Sensorik mit einem Magnetfeldsensor zur Ergänzung eines Elektroschraubers, wie beispielsweise eines Akkuschraubers.

[0002] Im Rahmen einer fortschreitenden Digitalisierung der Abläufe und Prozesse in der Fertigung zur Erhöhung der Qualität, Transparenz und Effizienz haben Hersteller (z. B. Automobilhersteller) das Anliegen, Schraubprozessdaten auch von einfachen und preiswerten handgeführten Schraubgeräten zu erfassen. Bei kabelgebundenen Schraubwerkzeugen ist es im professionellen Einsatz üblich, dass die Anzahl der Verschraubungen erfasst und die Drehmomente beim Schraubprozess überwacht werden. Bei kabellosen Schraubgeräten stehen im professionellen und hochpreisigen Segment ebenfalls Produkte zur Verfügung, sogenannte EC-Schrauber. Für eine Vielzahl an Verschraubungen können jedoch auch einfachere, preiswertere und leichtere Akku-Schraubwerkzeuge eingesetzt werden. Eine Überwachung der Schraubprozesse ist dann aber nicht möglich, da in der Regel keine integrierte Messtechnik zur Auswertung vorhanden ist. Es gibt Aufsatzmodule, die eine drahtlose Netzwerkverbindung herstellen (Wireless Automation System, WAS) oder ein Werkzeug z. B. über Ultra-Wide-Band orten können.

[0003] Im Stand der Technik gibt es schon einige Ansätze. Beispielsweise werden Schraubdaten innerhalb eines Werkzeugs direkt erfasst. In der DE19948424A1 wird z. B. ausgeführt: "Eine direkte Messung der Vorspannkraft, auch Klemmkraft genannt, beispielsweise über eine Druckmessdose unter dem Schraubenkopf oder eine Messung der Schraubenlänge mittels Dehnmessstreifen sowie der Ultraschallinterferenzmessung oder mit einem vermessbaren Stift in einer Längsbohrung der Schraube, ist wegen des Aufwandes der Funktionsfähigkeit und der Kostensituation nur in Sonderfällen, nicht aber in der Serien- bzw. Massengüterproduktion vertretbar. Um das vorspannkraftgesteuerte Schraubverfahren in der Serienproduktion funktionell sicher anwenden zu können, ist man dazu übergegangen, Schraubenköpfe mit Ultraschallsensoren zu versehen, wie zum Beispiel durch Aufdampfen bzw. "Aufspütern" von ultraschalleitenden Schichten, bestehend aus einer Zinkoxid-, Schutz- und Elektroden-schicht, gemäß dem U.S.-Patent, Nr. 5.220.839 vom 22. 06. 1993. Hierbei wird zur Anregung des Ultraschallsensors die Elektroden-schicht, die oberste Schicht auf dem Schraubenkopf mit einem Kontaktpin und der Schraubenkopf mit einem Schraubwerkzeug kontaktiert sowie ein hochfrequentes Niederspannungssignal zugeführt."

[0004] Weiter wird beispielsweise in der Patentschrift DE19948424A1 oder DE19960040A1 oder

DE102005002592A1 eine Kraftmessung im Schrauber aufgrund von Verformungen des Schraubenkopfes beschrieben. In der DE19948501A1 wird ein Ultraschallmesssystem, das in einem Elektroschrauber/Akkuschrauber integriert ist und direkt die Vorspannkraft misst, offenbart. Dies kann mit den Sollwerten abgeglichen werden, um dann in einer Steuerung/Regelung weiterverarbeitet zu werden.

[0005] Auch für vergleichsweise günstige Akkuschrauber wird meist das Drehmoment intern gemessen und der Schraubvorgang bei Erreichen des eingestellten maximalen Drehmomentes gestoppt. Ob dieses Drehmoment erreicht wurde, wird zum Beispiel über eine LED signalisiert (Anzeige Grün oder Rot). Eine Übertragung oder Speicherung der Erfassung ist bei manchen Akkuschraubern möglich, wie z. B. beim Bosch - Bluetooth EXACT (<https://www.bosch-professional.com/de/de/bluetooth-exact-2478886-ocs-c/>). Eine Zuordnung einer Verschraubung zu einem bestimmten Schraubprozess, also Sicherstellen einer Verschraubung an der richtigen Stelle, kann über Funkortung erfolgen, siehe auch US2008018912A.

[0006] Bei all den Stand-der-Technik-Ansätzen ist es aus derzeitiger Sicht nicht möglich, kostengünstige Akkuschrauber so zu erweitern, dass eine sichere zuverlässige Detektion, inklusive einer Drehrichtungsdetektion möglich ist. Deshalb besteht der Bedarf nach einem verbesserten Ansatz.

[0007] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Konzept zu schaffen, dass eine kostengünstige Add-On-Lösung für bestehende Elektroschrauber schafft, mittels welcher eine zuverlässige gute Klassifizierung von Schraubvorgängen möglich ist.

[0008] Die Aufgabe wird durch die unabhängigen Patentansprüche gelöst.

[0009] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung schaffen eine Sensorik für einen Elektroschrauber. Diese umfasst einen Magnetfeldsensor sowie eine Auswerteeinheit. Der Magnetfeldsensor, wie beispielsweise ein ein- oder dreiachsiger Magnetfeldsensor, ist ausgebildet, um ein Magnetfeld, welches aus der Aktivität eines Elektromotors des Elektroschraubers herrührt, zu detektieren. Der Sensor gibt ein entsprechendes Signal, das die aktuelle Magnetfeldstärke anzeigt aus. Die Auswerteeinheit ist ausgebildet, um anhand des zeitlichen Verlaufs des Signals bezüglich der Magnetfeldstärke Schraub- und/oder Bohrvorgänge zu klassifizieren.

[0010] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass bei einem Elektroschrauber, wie z. B. einem Akkuschrauber das Magnetfeld - bedingt durch den Betrieb / die elektro-magnetische Induktion des Elektromotors - Charakteristika aufweist bzw. charakteristisch variiert, so dass ausgehend von einer Auswertung der Magnetfeldstärke eine Klassifikation von Schraubvorgängen und/oder Bohrvorgängen ermöglicht wird. Unter Klassifikation wird beispielsweise das Erkennen der Drehrichtung bzw. allgemein das Unterscheiden von Einschraub- und Ausschraubvor-

gängen verstanden. Hierbei kann beispielsweise auch differenziert werden, ob es sich um einen (Drehmoment freien) Schraubvorgang oder um einen Anzugsvorgang handelt. Besonders vorteilhaft ist, dass das Magnetfeld mittels eines Magnetfeldsensors z.B. an der Gehäuseaußenseite des Elektroschraubers gemessen wird, so dass also ein Sensorkit als Aufsatzmodul für einen handelsüblichen Akkuschauber entsprechend Ausführungsbeispielen konzipiert ist. Dieser Sensorkit bzw. allgemein die Sensorik umfasst also zumindest den Magnetfeldsensor sowie die entsprechende Auswerteeinheit zur Klassifizierung.

[0011] Der Vorteil besteht darin, dass die Schraubprozesse transparent gemacht werden und Klarheit besteht, ob ein Schraubfall oder eine Abfolge von Schraubvorgängen in Ordnung war oder nicht. Dies kann direkt dem Nutzer mitgeteilt und/oder einem Produktionssystem gemeldet werden. Dadurch kann die Prozesssicherheit erhöht, die Fehlerrate reduziert und damit die Qualität eines Endproduktes erhöht werden.

[0012] Entsprechend Ausführungsbeispielen kann ein Schraubvorgang als Anziehvorgang oder Doppelverschraubungsvorgang klassifiziert werden, wenn ein Maximum bzw. ein erster Extremwert vor einem Minimum bzw. einem zweiten zum ersten entgegengesetzten Extremwert vorliegt. Insbesondere beim Doppelverschraubungsvorgang folgt nach dem Minimum im Verlauf kein weiteres Maximum oder Minimum. Entsprechend einem weiteren Ausführungsbeispiel kann ein Eindrehvorgang klassifiziert werden, wenn der Verlauf ein Maximum / ersten Extremwert vor einem Minimum / zweitem Extremwert, vor einem weiteren Maximum / weiterer zweiter Extremwert und vor einem weiteren Minimum / weiterem ersten Extremwert (usw.) aufweist. Umgekehrt kann entsprechend einem Ausführungsbeispiel ein Ausdrehvorgang klassifiziert werden, wenn der Verlauf ein Minimum / zweiter Extremwert vor einem Maximum / ersten Extremwert (und gegebenenfalls auch ein weiteres Minimum vor einem weiteren Maximum) aufweist. In Summe heißt dies, dass wenn der Verlauf nur wenige Maxima und Minima (Extremwerte) aufweist, es sich dann nicht um eine fortlaufende Rotation, sondern um einen Festzieh- bzw. Lösvorgang handelt, während ein Eindrehen und Ausdrehen anhand von einer Mehrzahl an Maxima und Minima detektierbar ist. Die Unterscheidung kann entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen auch anhand der Dauer des Verlaufs bei den Eindreh- und Ausdrehvorgängen erhalten werden. Wie man erkennen kann, wird eine Differenzierung zwischen dem Eindreh- und Ausdrehvorgang beispielsweise anhand der Reihenfolge von Maximum und Minimum bestimmt. Insofern ermöglicht vorteilhafterweise selbst eine einfache Auswertung der Magnetfeldstärke bzw. Variation der Magnetfeldstärke eine Klassifizierung von Schraubvorgängen im Sinne von Eindrehen und Ausdrehen sowie Festziehen und Lösen.

[0013] Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen sind anhand des Verlaufs auch noch Zusatzinformatio-

nen, wie z. B. die Drehgeschwindigkeit, Änderung der Geschwindigkeit (beispielsweise anhand der Frequenz des Aufeinanderfolgens von Maximum und Minimum) und/oder das vorherrschende Drehmoment (z.B. anhand der Amplitude) erkennbar. Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen kann auch ein Rückschluss auf den Verschleiß des Elektroschraubers, z. B. bei Detektion von Aussetzern, detektiert werden.

[0014] Entsprechend einem weiteren Ausführungsbeispiel wäre es auch denkbar, dass nicht nur der einzelne Schraubvorgang klassifiziert wird, sondern auch dass eine Vielzahl von Schraubvorgängen klassifiziert und hierbei beispielsweise gezählt werden. Hierbei kann entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen das Zählen auch derart erfolgen, dass Eindrehvorgänge aufsummiert werden und Ausdrehvorgänge subtrahiert werden, um vorteilhafterweise die tatsächliche Gesamtzahl der eingedrehten Schrauben zu detektieren und nicht nur zu detektieren, wie viele Schraubvorgänge insgesamt erfolgt sind.

[0015] An dieser Stelle sei angemerkt, dass entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Magnetfeldsensor beispielsweise dreiachsig ausgeführt ist. Weiter sei darauf hingewiesen, dass das Signal des Magnetfeldsensors, das die Magnetfeldstärke anzeigt, vor Auswertung in der Auswerteeinheit gefiltert sein kann. Insofern umfasst der Magnetfeldsensor entsprechend einem Ausführungsbeispiel einen Filter.

[0016] Entsprechend Ausführungsbeispielen gibt es unterschiedliche Varianten, wie die Sensorik ausgeführt sein kann. Beispielsweise kann die Sensorik in einem Armband integriert sein, das nahe an dem Elektroschauber angeordnet ist. Entsprechend einem anderen Ausführungsbeispiel kann die Sensorik auch direkt mechanisch mit dem Elektroschauber gekoppelt sein, indem beispielsweise der Magnetfeldsensor auf das Gehäuse aufgeklebt bzw. allgemein aufgebracht ist. An dieser Stelle sei angemerkt, dass jeder Elektroschauber bzw. jeder Akkuschauber leicht unterschiedliche Charakteristika aufweist. Um die Sensorik als allgemeinen Sensorkit/Aufsatzmodul für jegliche Akkuschauber bzw. Elektroschauber zu verkaufen, kann die Sensorik entsprechend einem weiteren Ausführungsbeispiel auch eine Kalibriereinheit aufweisen, die ausgebildet ist, die entsprechenden Kalibrierparameter für den jeweiligen Akkuschauber zu bestimmen und der Auswerteeinheit zur Verfügung zu stellen, so dass diese unter Berücksichtigung der Kalibrierparameter die Auswertung durchführt.

[0017] Um nun die Daten über die Klassifizierungen auch weiterverarbeiten zu können, kann die Sensorik auch eine Drahtlosschnittstelle oder allgemein eine Schnittstelle aufweisen, um die Auswerteergebnisse auszugeben. Über diese Drahtlosschnittstelle bzw. Schnittstelle können entsprechend einer weiteren Variante auch Teile der Sensorik, nämlich der Magnetfeldsensor mit der externen Auswerteelektronik verbunden sein.

[0018] Entsprechend optionalen Ausführungsbeispielen

len umfasst die Sensorik einen Beschleunigungssensor bzw. allgemein einen Lagesensor, der ermöglicht, neben der einzelnen Klassifizierung auch die vorherrschende Lage des Elektroschraubers zu bestimmen und zu dem klassifizierten Schraubvorgang abzuspeichern, um zu einem späteren Zeitpunkt feststellen zu können, ob die Schraube beispielsweise vertikal (nach unten oder nach oben) oder horizontal eingedreht worden ist.

[0019] Zusätzliche Ausführungsbeispiele beziehen sich auf ein Verfahren zur Klassifizierung von Bohr- und Schraubvorgängen mittels eines Elektroschraubers. Das Verfahren umfasst die Schritte "Bestimmen des vorherrschenden Magnetfelds am bzw. in der Nähe des Elektromotors des Elektroschraubers" und "Klassifizieren der Bohr- und Schraubvorgänge anhand des Verlaufs der Magnetfeldstärke über die Zeit". Dieses Verfahren kann auch computerunterstützt ablaufen, so dass einzelne Schritte als Computerprogramm realisiert sein können.

[0020] Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen definiert. Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend anhand der beiliegenden Figuren erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Elektroschraubers in Kombination mit einer Sensorik gemäß einem Ausführungsbeispiel;
- Fig. 2a ein schematisches Diagramm, anhand welches ein Eindringvorgang klassifiziert wird zur Illustration eines Ausführungsbeispiels;
- Fig. 2b ein schematisches Diagramm, mittels welchem eine Doppelverschraubung klassifiziert wird zur Illustration eines weiteren Ausführungsbeispiels;
- Fig. 2c ein schematisches Diagramm, mittels welchem ein Ausdrehvorgang klassifiziert wird zur Illustration eines zusätzlichen Ausführungsbeispiels; und
- Fig. 3a-3c schematische Diagramme zu Rohdaten des Magnetfeldsensors, anhand welcher Vorgänge zum Eindrehen, Doppelverschraubung und Ausdrehen klassifizierbar sind.

[0021] Bevor nachfolgend Ausführungsbeispiele anhand der Figuren im Detail erläutert werden, sei darauf hingewiesen, dass gleichwirkende Elemente und Strukturen mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind, so dass die Beschreibung derer aufeinander anwendbar bzw. austauschbar ist.

[0022] Fig. 1 zeigt einen Akkuschauber 10 mit einem Schraubkopf 12 sowie einen in das Gehäuse 14 des Akkuschraubers integrierten Elektromotor 16.

[0023] Wie in Fig. 1 dargestellt ist, ist an dem Akkuschauber 10 (allgemein Elektroschauber) eine Sensorik 20 angebracht. Diese Sensorik 20 umfasst, wie in der Vergrößerung dargestellt, einen Magnetfeldsensor 22 (wie z. B. den einachsigen oder mehrachsigen Magnetfeldsensor) sowie eine Auswerteelektronik 24. Der Sensor 20 ist so an dem Gehäuse 14 des Elektroschraubers 10 angeordnet, dass der Magnetfeldsensor 22 das von dem Elektromotor 16 ausgehende (induzierte) Magnetfeld bzw. insbesondere die Magnetfeldänderung detektieren kann. Im Regelfall geht beim Betrieb des Elektromotors 16 von selbigem ein Magnetfeld in eine Richtung (x, y oder z) aus, so dass ein einachsiger Magnetfeldsensor ausreicht, insbesondere wenn dieser entsprechend gegenüber dem Elektromotor 16 positioniert ist. Umgekehrt ausgedrückt heißt das also, dass die Sensorik 20 und insbesondere der Magnetfeldsensor 22 auch entsprechend gegenüber dem Elektromotor 16, das heißt also parallel zu demselben oder orthogonal zu demselben ausgerichtet ist.

[0024] Der Magnetfeldsensor 22, wie z. B. ein Halleffekt-Sensor, ist ausgebildet, um bei Detektion einer Magnetfeldstärke ein entsprechendes Signal anzeigend die Magnetfeldstärke auszugeben. Dieses Signal bzw. der Verlauf derselben über die Zeit wird dann von der Auswerteeinheit 24 empfangen und entsprechend klassifiziert. Die Klassifizierung kann beispielsweise ausgehend von der Reihenfolge der aufeinanderfolgenden Minima und Maxima bzw. Maxima und Minima des Magnetfeldstärkeverlaufs oder anhand der Dauer der Änderung im Magnetfeldstärkeverlauf oder der Dauer der in dem Verlauf (vgl. Plateaus Plateaus an den Extrempunkten von D1, D2 und D3 im Vergleich zu E1, E2 und E3) erfolgen. Bei diesen Plateaus geht der Sensor beispielsweise eine gewisse Zeit in die Begrenzung. In Fig.2 ist diese Charakteristik auf Grund der Filterung nicht mehr sichtbar. Weiter wäre auch eine Auswertung der Frequenz im Magnetfeldstärkenverlauf oder der Amplitude desselben möglich. Die Frequenz ggf. in Kombination mit der Amplitude gibt beispielsweise einen Hinweis auf die Drehzahl des Motors 16, während die Amplitudenwerte /-beiträge einen Hinweis auf das Drehmoment geben.

[0025] Besonders relevant sind entsprechend Ausführungsbeispielen die Klassifizierung der Schraubrichtung bzw. der Drehrichtung. Weiter ist auch noch relevant zu differenzieren, ob es sich um einen Einschraub- oder um einen Anzugs- bzw. Ausschraub- oder Lösvorgang handelt. Diese Merkmale sind, wie bereits angedeutet anhand der Reihenfolge von Maxima und Minima sowie anhand der Wiederholhäufigkeit von Maxima und Minima sowie der Verlaufsduer identifizierbar. Das Klassifizieren wird nachfolgend Bezug nehmend auf die Fig. 2a bis 2c für die Fälle "Eindringen", "Doppelverschraubung" und "Lösen/Ausdrehen" erläutert.

[0026] Fig. 2a zeigt ein Diagramm eines gefilterten Signals des Magnetfeldsensors (vgl. Bezugszeichen 20 in Fig. 1), wobei über die x-Achse die Zeit in Sekunden und über die y-Achse die Magnetfeldstärke in einer willkürli-

chen Einheit aufgetragen ist. Hierzu sei angemerkt, dass die x-Achse des Magnetfeldsensors bei dem Diagramm ausgewertet wurde, da es sich bei dem verwendeten Magnetfeldsensor um einen mehrachsigen Magnetfeldsensor handelt.

[0027] In dem Diagramm aus Fig. 2a sind drei Schraubvorgänge, nämlich Verschraubungs- bzw. Eindrehvorgänge E1 bis E3 dargestellt. Charakteristisch für jeden Eindrehvorgang ist, dass ein Maximum max1_E1, max1_E2 und max1_E3 einem Minimum min1_E1, min1_E2 und min1_E3 vorausgeht. Jeder Schraubvorgang E1, E2 und E3 weist auch noch zusätzliche Maxima max2_E1, max2_E2 und max2_E3 sowie zusätzliche Minima min2_E1, min2_E2 und min2_E3 auf. D.h. also, dass während eines Schraubvorganges eine hohe Dynamik im Signal des Magnetfeldsensors beobachtet wird.

[0028] Dieses Vorliegen von mehreren Maxima und mehreren Minima ist typisch für Eindreh- bzw. Festziehvorgänge von Schrauben. Besonders charakteristisch für das Eindrehen ist, dass jeder Schraubvorgang E1 bis E3 mit einem Maximum max1_E1, max2_E2 und max3_E3 beginnt. An dieser Stelle sei angemerkt, dass ohne Drehvorgänge der Wert der Magnetfeldstärke zwar auf null gesetzt ist, dies aber einen um das Offset (im Ruhebetrieb vorherrschendes Magnetfeld) bereinigten Wert darstellt.

[0029] Das Offset rührt beispielsweise aus weiteren Magnetfeldern, wie z. B. das Erdmagnetfeld oder Störfelder in der Umgebung, her. Der Magnetfeldsensor misst also all die vorliegenden Magnetfelder und kann aber auch durch die Veränderung über die Zeit das Magnetfeld vom Drehmomenterzeuger von den weiteren Magnetfeldern differenzieren, um dann das Magnetfeld vom Drehmomenterzeuger (Antrieb, Elektromotor) zu extrahieren. Hierbei kann eine Kalibrierung erfolgen, um das relevante Magnetfeld zu nullen und den Offset zu beseitigen. Die Verarbeitung der Signale des Magnetfeldsensors kann durch Filtern erfolgen, um die relevanten Merkmale zu extrahieren.

[0030] Fig. 2b zeigt ein weiteres Diagramm mit drei Doppelverschraubvorgängen D1, D2 und D3. Hier weist jeder Vorgang D1 bis D3 ebenfalls ein erstes Maximum max1_D1 bis max1_D3 sowie nach dem Maximum auch folgende Minima min1_D1 bis min1_D3 auf. Der Doppelverschraubvorgang D1 bis D3 ist gegenüber dem Einschraubvorgang E1 bis E3 dadurch gekennzeichnet, dass keine weiteren Maxima vorliegen. Der Hintergrund hierzu ist, dass bei einer Doppelverschraubung zwar ein Festziehen, nicht aber eine erhebliche Rotation der Schraube erfolgt.

[0031] Ausgehend von den Ausführungsbeispielen aus Fig. 2a und 2b ist deutlich zu erkennen, dass ein Eindrehvorgang bzw. Verschraubvorgang durch ein Minimum min1_x, welches auf ein initiales Maximum max1_x folgt, gekennzeichnet ist.

[0032] Fig. 2c zeigt Ausdreh- bzw. Lösungsvorgänge L1 bis L3. Diese weisen ebenfalls Minima und Maxima auf, wo-

bei immer initial jeder Kurvenverlauf mit einem Minimum min1_L1 bis min1_L3 beginnt. Der zweite Wendepunkt je Kurve L1 bis L3 ist dann ein Maximum max1_L1 bis max1_L3. Bei Ausdrehvorgängen folgen dann weitere Minima und Maxima dem Maxima max1_L1 bzw. max1_L3 (vgl. max2_L1 bis max2_L3 bzw. min2/3_L1 bis min2/3_L3. Diese mehrfach wechselnden Minima und Maxima, wobei die Abfolge immer Minimum → Maximum ist, ist kennzeichnend für einen Löse- bzw. Ausdrehvorgang.

[0033] Wie oben bereits erläutert, stellen die charakteristischen Verläufe E1 bis E3, D1 bis D3 und L1 bis L3 aus den Fig. 2a bis 2c jeweils die gefilterten Magnetfeldsensordaten (hier von der x-Achse des Magnetfeldsensors) dar. Diese Sensordaten rühren von den Rohdaten her, welche Bezug nehmend auf die Fig. 3a bis 3c erläutert werden. Fig. 3a illustriert die drei Eindrehvorgänge E1 bis E3, Fig. 3b, drei Doppelverschraubvorgänge D1 bis D3, während Fig. 3c die drei Ausdrehvorgänge L1 bis L3 illustriert. Die Diagramme aus den Fig. 3a bis 3c umfassen jeweils drei Werte, nämlich ein Signal SX für die x-Achse, ein Signal SZ für die z-Achse sowie ein Signal SY für die y-Achse. Zur Ermittlung der Diagramme wurde als Sensor beispielsweise ein XsensMTE-30 verwendet.

[0034] Wie zu erkennen ist, liefert die y-Achse keinerlei Information bezüglich den Schraubvorgängen E1 bis L3, da der Wert in der y-Achse über die Gesamtzeit von 5 bis 55 Sekunden (über die drei Diagramme aus Fig. 3a bis 3c) konstant bleibt.

[0035] Das Diagramm zu dem z-Achsensignal SZ weist zwar Variationen aus, die auch den einzelnen Ereignissen E1 bis L3 zuordenbar sind, wobei für die Auswertung das SX-Signal zu bevorzugen ist. Bei dem SX-Signal sind die einzelnen Ereignisse E1 bis L3 eindeutig identifizierbar. Bei diesem Signal in der Rohfassung (ungefilterten Fassung) können einige weitere Erkenntnisse bezüglich der Klassifizierung entnommen werden.

[0036] Bzgl. der Reihenfolge von Minimum und Maximum ist festzustellen, dass, wenn die Sensorachse bzw. der Magnetfeldsensor um 180° gedreht wird, das Signal für Ein- und Ausdrehen umgekehrt aussehen kann, also erst Max dann Min und danach erst Min und wieder Max. Außerdem kann auch das Magnetfeld des Motors je nach Anordnung und Aufbau eines Schraubers andere Magnetfeldausrichtungen erzeugen. Im Allgemeinen liegt ein Ein- und Ausdrehen vor, wenn ein gegensätzliches Verhalten z.B. in Bezug auf die Extrempunkte beobachtet wird. D.h. also, dass der Signalverlauf beim Ausdrehen spiegelverkehrt zum Eindrehen ist. Im Hinblick auf Fig. 3a ist festzustellen, dass das letzte Minimum bzw. allgemein der letzte Wert in dem jeweiligen Verlauf für die Schraubvorgänge E1 bis E3 einen relativ starken Ausschlag (im Vergleich zu den anderen Minima und Maxima) hat, was darauf zurückzuführen ist, dass hier hohes Drehmoment anliegt.

[0037] Eine weitere Erkenntnis kann durch den Vergleich der Diagramme für die Eindrehvorgänge E1 bis

E3 mit den Doppelverschraubvorgängen D1 bis D3 aus Diagramm 3a und 3b gezogen werden, nämlich dass die Zeit für die Doppelverschraubvorgänge D1 bis D3 gegenüber den kompletten Eindrehvorgängen E1 bis E3 signifikant reduziert ist. Die Zeit der Eindrehvorgänge E1 bis E3 ist ungefähr so lang wie die Zeit der Ausdrehvorgänge L1 bis L3, was beispielsweise einen Hinweis darauf bietet, dass eine ähnliche Anzahl an Gewindegängen beim Eindrehen als auch beim Ausdrehen hier erfolgt. Bezüglich des Diagramms 3c ist auch noch festzustellen, dass das initiale Minimum (charakteristisch für Ausdrehvorgänge) sehr stark ausgeprägt ist (im Vergleich zu den anderen Amplituden am stärksten), was daraufhin zurückzuführen ist, dass beim Ausdrehen am Anfang ein sehr starkes Drehmoment zum Lösen der Schraube aufgewendet werden muss.

[0038] An dieser Stelle sei angemerkt, dass die Betrachtung der relativen Werte immer bezogen auf einen Nullwert ist, der beispielsweise über das Plateau zwischen den einzelnen Vorgängen E1/E2, E2/E3, ... L2/L3 oder das initiale Plateau (vgl. Bezugszeichen A0) definiert ist. Die initialen Plateaus symbolisieren beispielsweise keine Drehung. Hintergrund ist, dass sich bei keiner Drehung das Magnetfeld kaum ändert, siehe Plateau zwischen den Schraubvorgängen in E1, E2, E3. Eine Änderung der Geschwindigkeit wirkt sich z.B. im Wesentlichen in der Amplitude aus. Im Zeitpunkt der Änderung sind Ausschläge zu erwarten (z.B. durch Ruckeln der Mechanik).

[0039] Anhand der drei Beispiele für Eindrehen, Doppelverschraubungen und Ausdrehen ist zu erkennen, dass die Wirkung der hier beschriebenen Ausführungsbeispiele vor allem die ist, dass die Schraub-/Drehrichtung und die Schraubdauer bestimmt werden kann, so dass bestimmbar ist, ob eine Schraube verschraubt oder gelöst wurde bzw. eine Doppelverschraubung vorliegt. Dies ist signifikant bei der Beurteilung, ob ein Schraubfall oder eine Abfolge von Schraubvorgängen in Ordnung war oder nicht. Drehgeschwindigkeit, Drehmoment und Ort sind weitere Größen, die bei einer Beurteilung helfen können.

[0040] Wie bereits erläutert, ist es ausgehend von bestimmten Charakteristika (relative Amplitude bzw. Absolutwert, der Maxima in den Amplituden möglich Rückschlüsse auf die Drehgeschwindigkeit und das Drehmoment zu ziehen. Hierdurch kann dann auch in der Konsequenz festgestellt werden, ob es sich bei dem Drehvorgang um einen Leerlauf oder einen mit Last (in Material geschraubt) erfolgten Schraub- oder Bohrvorgang handelt.

[0041] Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen kann die Bezug nehmend auf Fig. 1 erläuterte Sensorik auch um weitere Einzelsensoren, wie z. B. einen Beschleunigungssensor, der ausgebildet ist, um die Erdbeschleunigung und damit die Lage des Akkuschraubers zu bestimmen, erweitert werden. Hierdurch ist es möglich, Rückschlüsse auf den Schraubenort bzw. Bohrort (nach unten oder nach oben bzw. zur Seite) zu treffen.

Durch die Auswertung der Lage beim Schrauben, die Richtung der Intensität des Magnetfeldes kann so wesentlich exakter bestimmt werden, um welche Schraube es sich gerade handelt, die beim aktuellen Schraubvorgang klassifiziert wurde.

[0042] Darüber hinaus sei angemerkt, dass eine Kombination der Beschleunigungs- und Drehratensensoren als Erweiterung für die Ausführungsbeispiele zu einer erhöhten Genauigkeit und Robustheit führen kann. Hintergrund hierzu ist, dass ausgehend von Beschleunigungswerten (z. B. Ermitteln mit den Beschleunigungssensoren / Inertialsensoren) auch eine Klassifizierung erfolgen kann, wie nachfolgend erläutert wird.

[0043] Es konnte anhand von Messdaten, z.B. Beschleunigungssignale und Drehraten welche unter realen Bedingungen aufgezeichnet wurden, gezeigt werden, dass die Klassifikation und Zählung von korrekten Schraubvorgängen mittels low-cost-Inertialsensordaten mit hoher Zuverlässigkeit durchführbar ist. Durch die Bestimmung der Lage des Akkuschraubers anhand von Beschleunigungssensoren kann die Robustheit zur Klassifikation eines Schraubfalls erhöht werden, indem (möglicherweise fehlerhaft) erkannte Schraubvorgänge bei unterschiedlicher Lage des Akkuschraubers ausgeschlossen werden können. Ein korrekter Schraubvorgang setzt sich aus zwei Phasen, der Einschraubphase und der Anziehphase, zusammen. Die Anziehphase wurde im Wesentlichen durch die ruckartige Drehbewegung des Akkuschraubers um die Schraubachse beim Erreichen des maximalen Drehmoments erfasst. Es konnte festgestellt werden, dass die Erkennung der Anziehphase mit den low-cost- und industrial-grade-Sensoren gleichermaßen gut funktioniert. Die Einschraubphase wurde im Wesentlichen durch die Schätzung der Schraubdauer erfasst. Es konnte festgestellt werden, dass die Schätzung der Schraubdauer und somit die Bestimmung der Einschraubphase mit den industrial-grade-Sensoren um einiges zuverlässiger ist als bei den low-cost-Sensoren.

[0044] Eine Doppelverschraubung (d. h. eine bereits angezogene Schraube wird nochmals angezogen) liegt in der Regel vor, wenn die Schraubdauer sehr kurz ist. Eine Doppelverschraubung ist nicht erkennbar, wenn die Schraubdauer unbekannt ist. Die Schätzung der Schraubdauer ist mit den bisher untersuchten Merkmalen mittels low-cost-Sensoren nicht sehr zuverlässig. Durch eine künstliche ruckartige Drehbewegung des Akkuschraubers um die (optional definierte) Rotationsachse der Schraube kann (ohne die Information der Schraubdauer) eine fehlerhafte Klassifikation eines korrekten Schraubvorgangs ausgelöst werden. Die Kenntnis darüber, ob die Schraube heraus- oder hereingedreht wird, ist für die erfolgreiche Erkennung eines korrekten Schraubvorgangs hilfreich und liefert wichtige Informationen zur Bestimmung der Anzahl der korrekten Verschraubungen. Das Lösen einer bereits angezogenen Schraube beginnt häufig mit einer ruckartigen Drehbewegung um die Rotationsachse der Schraube, die (ohne Information über die Einschraubphase) zu einer Klassi-

fikation eines korrekten Schraubvorgangs führen kann. Ausgehend von dieser Erkenntnis wäre entsprechend Ausführungsbeispielen der Magnetfeldsensorkit zur Klassifizierung von Schraubvorgängen erweiterbar.

[0045] Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen kann in das System ein zusätzliches Ortungssystem ergänzt werden, so dass der Aufenthaltsort des Werkzeugs (des Sensorelements, das an dem Elektrowerkzeug befestigt ist) zusätzlich in die Betrachtung einfließen kann, ob eine Verschraubung in Ordnung ist oder nicht.

[0046] Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen kann die Sensorik auch eine Kommunikationsschnittstelle, wie z. B. eine Drahtlosschnittstelle oder eine USB-Schnittstelle aufweisen, über welche die Klassifizierungsdaten auslesbar sind. Das Auslesen kann entweder direkt während der Klassifizierung erfolgen oder zu einem späteren Zeitpunkt. Wenn das Auslesen zu einem späteren Zeitpunkt erfolgt, weist der Sensorkit zusätzlich einen Speicher zum Protokollieren der erfolgten Klassifizierungen auf, in welchem dann die Art, Uhrzeit oder Anzahl der klassifizierten Schraub-/Bohrvorgänge gespeichert wird. Zur Bestimmung der Anzahl sei an dieser Stelle angemerkt, dass es bei dem hier vorgeschlagenen Ansatz vorteilhaft ist, dass Eindrehvorgänge von Ausdrehvorgängen unterschieden werden können, um so nicht die Anzahl der erfolgten Schraubvorgänge, sondern die Anzahl der erfolgten Eindrehvorgänge genauer zu bestimmen. Hierzu werden die Eindrehvorgänge aufsummiert, während eventuell vorliegende Ausdrehvorgänge (z. B. zum Korrigieren der entsprechenden Verschraubung) von der Summe abgezogen werden. Zusätzlich kann entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen mittels der oben erläuterten Schaltungstypologie aus Sensor und Auswerteeinheit auch Zusatzinformationen, z. B. die Betriebsdauer des Elektroschraubers, das Nutzungsverhalten allgemein, die Abnutzung/Verschleiß ermittelt werden. Vorteilhafterweise ist es so möglich, eine Statistik zu erstellen oder Wartungen des Elektrowerkzeuges zu planen.

[0047] Auch wenn bei obigen Ausführungsbeispielen immer davon ausgegangen wurde, dass der Magnetfeldsensor direkt an dem Elektroschrauber befestigt ist, z. B. durch Kleben oder mittels einer Klammer, einem Klettverschluss oder anderen Befestigungsmitteln, sei an dieser Stelle angemerkt, dass der Magnetfeldsensor und/oder eventuelle weitere Sensoren nicht direkt an dem Elektroschrauber angebracht sein müssen, bevorzugt aber in der Nähe platziert sein sollten. Ein möglicher Ort wäre das Handgelenk, bzw. die Integration in eine Smartwatch. Umso näher das Sensorkit bzw. das Sensorelement an dem Werkzeug bzw. dem Motor des Werkzeugs platziert ist, umso höher ist zwar die Genauigkeit, wobei aber durch derart flexible Einheiten, welche als Smartwatch angelegt werden können, auch weitere Anwendungsgebiete erschließbar sind. Beispiele hierfür sind zusätzliche Elektrowerkzeuge, wie eine Nietpistole.

[0048] Auch wenn obige Ausführungsbeispiele insbe-

sondere im Zusammenhang mit einer Vorrichtung erläutert wurden, sei darauf hingewiesen, dass das Konzept bzw. Teile des Konzepts auch in ein Verfahren implementierbar sind. Deshalb beziehen sich weitere Ausführungsbeispiele auf ein Verfahren zur Klassifizierung von Schraub-/Bohrvorgängen mit den Schritten "Bestimmen eines Magnetfeldes", um eine Information über die Magnetfeldstärke auszugeben, und Klassifizieren anhand des Verlaufs der Magnetfeldstärke über die Zeit des jeweiligen Bohr-/ und Schraubvorgangs.

[0049] Obwohl manche Aspekte im Zusammenhang mit einer Vorrichtung beschrieben wurden, versteht es sich, dass diese Aspekte auch eine Beschreibung des entsprechenden Verfahrens darstellen, sodass ein Block oder ein Bauelement einer Vorrichtung auch als ein entsprechender Verfahrensschritt oder als ein Merkmal eines Verfahrensschrittes zu verstehen ist. Analog dazu stellen Aspekte, die im Zusammenhang mit einem oder als ein Verfahrensschritt beschrieben wurden, auch eine Beschreibung eines entsprechenden Blocks oder Details oder Merkmals einer entsprechenden Vorrichtung dar. Einige oder alle der Verfahrensschritte können durch einen Hardware-Apparat (oder unter Verwendung eines Hardware-Apparats), wie zum Beispiel einen Mikroprozessor, einen programmierbaren Computer oder eine elektronische Schaltung ausgeführt werden. Bei einigen Ausführungsbeispielen können einige oder mehrere der wichtigsten Verfahrensschritte durch einen solchen Apparat ausgeführt werden.

[0050] Je nach bestimmten Implementierungsanforderungen können Ausführungsbeispiele der Erfindung in Hardware oder in Software implementiert sein. Die Implementierung kann unter Verwendung eines digitalen Speichermediums, beispielsweise einer Floppy-Disk, einer DVD, einer Blu-ray Disc, einer CD, eines ROM, eines PROM, eines EPROM, eines EEPROM oder eines FLASH-Speichers, einer Festplatte oder eines anderen magnetischen oder optischen Speichers durchgeführt werden, auf dem elektronisch lesbare Steuersignale gespeichert sind, die mit einem programmierbaren Computersystem derart zusammenwirken können oder zusammenwirken, dass das jeweilige Verfahren durchgeführt wird. Deshalb kann das digitale Speichermedium computerlesbar sein.

[0051] Manche Ausführungsbeispiele gemäß der Erfindung umfassen also einen Datenträger, der elektronisch lesbare Steuersignale aufweist, die in der Lage sind, mit einem programmierbaren Computersystem derart zusammenzuwirken, dass eines der hierin beschriebenen Verfahren durchgeführt wird.

[0052] Allgemein können Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung als Computerprogrammprodukt mit einem Programmcode implementiert sein, wobei der Programmcode dahin gehend wirksam ist, eines der Verfahren durchzuführen, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Computer abläuft.

[0053] Der Programmcode kann beispielsweise auch auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert sein.

[0054] Andere Ausführungsbeispiele umfassen das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren, wobei das Computerprogramm auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert ist.

[0055] Mit anderen Worten ist ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens somit ein Computerprogramm, das einen Programmcode zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren aufweist, wenn das Computerprogramm auf einem Computer abläuft.

[0056] Ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Verfahren ist somit ein Datenträger (oder ein digitales Speichermedium oder ein computerlesbares Medium), auf dem das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren aufgezeichnet ist.

[0057] Ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens ist somit ein Datenstrom oder eine Sequenz von Signalen, der bzw. die das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren darstellt bzw. darstellen. Der Datenstrom oder die Sequenz von Signalen kann bzw. können beispielsweise dahin gehend konfiguriert sein, über eine Datenkommunikationsverbindung, beispielsweise über das Internet, transferiert zu werden.

[0058] Ein weiteres Ausführungsbeispiel umfasst eine Verarbeitungseinrichtung, beispielsweise einen Computer oder ein programmierbares Logikbauelement, die dahin gehend konfiguriert oder angepasst ist, eines der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen.

[0059] Ein weiteres Ausführungsbeispiel umfasst einen Computer, auf dem das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren installiert ist.

[0060] Ein weiteres Ausführungsbeispiel gemäß der Erfindung umfasst eine Vorrichtung oder ein System, die bzw. das ausgelegt ist, um ein Computerprogramm zur Durchführung zumindest eines der hierin beschriebenen Verfahren zu einem Empfänger zu übertragen. Die Übertragung kann beispielsweise elektronisch oder optisch erfolgen. Der Empfänger kann beispielsweise ein Computer, ein Mobilgerät, ein Speichergerät oder eine ähnliche Vorrichtung sein. Die Vorrichtung oder das System kann beispielsweise einen Datei-Server zur Übertragung des Computerprogramms zu dem Empfänger umfassen.

[0061] Bei manchen Ausführungsbeispielen kann ein programmierbares Logikbauelement (beispielsweise ein feldprogrammierbares Gatterarray, ein FPGA) dazu verwendet werden, manche oder alle Funktionalitäten der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen. Bei manchen Ausführungsbeispielen kann ein feldprogrammierbares Gatterarray mit einem Mikroprozessor zusammenwirken, um eines der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen. Allgemein werden die Verfahren bei einigen Ausführungsbeispielen seitens einer beliebigen Hardwarevorrichtung durchgeführt. Diese kann eine universell einsetzbare Hardware wie ein Computerprozes-

sor (CPU) sein oder für das Verfahren spezifische Hardware, wie beispielsweise ein ASIC.

[0062] Die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen lediglich eine Veranschaulichung der Prinzipien der vorliegenden Erfindung dar. Es versteht sich, dass Modifikationen und Variationen der hierin beschriebenen Anordnungen und Einzelheiten anderen Fachleuten einleuchten werden. Deshalb ist beabsichtigt, dass die Erfindung lediglich durch den Schutzbereich der nachstehenden Patentansprüche und nicht durch die spezifischen Einzelheiten, die anhand der Beschreibung und der Erläuterung der Ausführungsbeispiele hierin präsentiert wurden, beschränkt sei.

Patentansprüche

1. Sensorik (20) für einen Elektroschrauber (10), mit folgenden Merkmalen:

einen Magnetfeldsensor (22), der ausgebildet ist, um ein Magnetfeld, welches aus der Bewegung eines Elektromotors (16) des Elektroschraubers (10) herrührt, zu detektieren, um ein Signal anzeigend die Magnetfeldstärke auszugeben; und

eine Auswerteeinheit (24), die ausgebildet ist, um anhand des Verlaufs des Signals bezüglich der Magnetfeldstärke über die Zeit Schraub- und/oder Bohrvorgänge zu klassifizieren.

2. Sensorik (20) gemäß Anspruch 1, wobei ein Schraubvorgang als Eindrehvorgang (E1, E2, E3) klassifiziert wird, wenn er im Vergleich zu einem Ausdrehvorgang (L1, L2, L3) einen entgegengesetzten Verlauf aufweist; und/oder wobei ein Schraubvorgang als Ausdrehvorgang (L1, L2, L3) klassifiziert wird, wenn er im Vergleich zu einem Eindrehvorgang (E1, E2, E3) einen entgegengesetzten Verlauf aufweist.

3. Sensorik (20) gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei ein Schraubvorgang als Ausdrehvorgang (L1, L2, L3) klassifiziert wird, wenn der Verlauf ein Minimum (min1_E1, min2_E1, min1_E2, min2_E2, min1_E3, min2_E3, min1_D1, min1_D2, min1_D3, min1_L1, min2_L1, min3_L1, min1_L2, min2_L2, min3_L2, min1_L3, min2_L3, min3_L3) vor einem Maximum (max1_E1, max2_E1, max1_E2, max2_E2, max2_E3, max1_D1, max1_D2, max1_D3, max1_L1, max2_L1, max1_L2, max2_L2, max1_L3, max2_L3) aufweist; oder wobei ein Schraubvorgang als Ausdrehvorgang (L1, L2, L3) klassifiziert wird, wenn der Verlauf einen zweiten Extremwert (min1_E1, min2_E1, min1_E2, min2_E2, min1_E3, min2_E3, min1_D1, min1_D2, min1_D3, min1_L1, min2_L1, min3_L1, min1_L2, min2_L2, min3_L2, min1_L3, min2_L3, min3_L3)

vor einem ersten zu dem zweiten entgegengesetzten Extremwert (max1_E1, max2_E1, max1_E2, max2_E2, max2_E3, max1_D1, max1_D2, max1_D3, max1_L1, max2_L1, max1_L2, max2_L2, max1_L3, max2_L3) aufweist.

4. Sensorik (20) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei ein Schraubvorgang als Doppelverschraubung (D1, D2, D3) oder Anziehvorgang (E1, E2, E3) klassifiziert wird, wenn der Verlauf ein Maximum (max1_E1, max2_E1, max1_E2, max2_E2, max2_E3, max1_D1, max1_D2, max1_D3, max1_L1, max2_L1, max1_L2, max2_L2, max1_L3, max2_L3) vor einem Minimum (min1_E1, min2_E1, min1_E2, min2_E2, min1_E3, min2_E3, min1_D1, min1_D2, min1_D3, min1_L1, min2_L1, min3_L1, min1_L2, min2_L2, min3_L2, min1_L3, min2_L3, min3_L3) aufweist; oder wobei ein Schraubvorgang als Doppelverschraubung (D1, D2, D3) oder Anziehvorgang (E1, E2, E3) klassifiziert wird, wenn der Verlauf einen ersten Extremwert (max1_E1, max2_E1, max1_E2, max2_E2, max2_E3, max1_D1, max1_D2, max1_D3, max1_L1, max2_L1, max1_L2, max2_L2, max1_L3, max2_L3) vor einem zweiten zu dem ersten entgegengesetzten Extremwert (min1_E1, min2_E1, min1_E2, min2_E2, min1_E3, min2_E3, min1_D1, min1_D2, min1_D3, min1_L1, min2_L1, min3_L1, min1_L2, min2_L2, min3_L2, min1_L3, min2_L3, min3_L3) aufweist.
5. Sensorik (20) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei ein Schraubvorgang als Eindrehvorgang klassifiziert wird, wenn der Verlauf ein Maximum (max1_E1, max2_E1, max1_E2, max2_E2, max2_E3, max1_D1, max1_D2, max1_D3, max1_L1, max2_L1, max1_L2, max2_L2, max1_L3, max2_L3) und ein weiteres Maximum (max1_E1, max2_E1, max1_E2, max2_E2, max2_E3, max1_D1, max1_D2, max1_D3, max1_L1, max2_L1, max1_L2, max2_L2, max1_L3, max2_L3) vor einem weiteren Minimum (min1_E1, min2_E1, min1_E2, min2_E2, min1_E3, min2_E3, min1_D1, min1_D2, min1_D3, min1_L1, min2_L1, min3_L1, min1_L2, min2_L2, min3_L2, min1_L3, min2_L3, min3_L3) aufweist; oder wobei ein Schraubvorgang als Eindrehvorgang klassifiziert wird, wenn der Verlauf einen ersten Extremwert (max1_E1, max2_E1, max1_E2, max2_E2, max2_E3, max1_D1, max1_D2, max1_D3, max1_L1, max2_L1, max1_L2, max2_L2, max1_L3, max2_L3) und einen weiteren ersten Extremwert (max1_E1, max2_E1, max1_E2, max2_E2, max2_E3, max1_D1, max1_D2, max1_D3, max1_L1, max2_L1, max1_L2, max2_L2, max1_L3, max2_L3) vor einem weiteren zweiten zu dem ersten entgegengesetzten Extremwert (min1_E1, min2_E1, min1_E2, min2_E2, min1_E3, min2_E3, min1_D1,

min1_D2, min1_D3, min1_L1, min2_L1, min3_L1, min1_L2, min2_L2, min3_L2, min1_L3, min2_L3, min3_L3) aufweist.

6. Sensorik (20) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei ein Schraubvorgang als Doppelverschraubung (D1, D2, D3) klassifiziert wird, wenn ein Maximum (max1_E1, max2_E1, max1_E2, max2_E2, max2_E3, max1_D1, max1_D2, max1_D3, max1_L1, max2_L1, max1_L2, max2_L2, max1_L3, max2_L3) vor einem Minimum (min1_E1, min2_E1, min1_E2, min2_E2, min1_E3, min2_E3, min1_D1, min1_D2, min1_D3, min1_L1, min2_L1, min3_L1, min1_L2, min2_L2, min3_L2, min1_L3, min2_L3, min3_L3) ohne weiteres Maximum (max1_E1, max2_E1, max1_E2, max2_E2, max2_E3, max1_D1, max1_D2, max1_D3, max1_L1, max2_L1, max1_L2, max2_L2, max1_L3, max2_L3) oder Minimum (min1_E1, min2_E1, min1_E2, min2_E2, min1_E3, min2_E3, min1_D1, min1_D2, min1_D3, min1_L1, min2_L1, min3_L1, min1_L2, min2_L2, min3_L2, min1_L3, min2_L3, min3_L3) vorliegt; oder wobei ein Schraubvorgang als Doppelverschraubung (D1, D2, D3) klassifiziert wird, wenn ein ersten Extremwert (max1_E1, max2_E1, max1_E2, max2_E2, max2_E3, max1_D1, max1_D2, max1_D3, max1_L1, max2_L1, max1_L2, max2_L2, max1_L3, max2_L3) vor einem zweiten zu dem ersten entgegengesetzten Extremwert (min1_E1, min2_E1, min1_E2, min2_E2, min1_E3, min2_E3, min1_D1, min1_D2, min1_D3, min1_L1, min2_L1, min3_L1, min1_L2, min2_L2, min3_L2, min1_L3, min2_L3, min3_L3) ohne weiteren Extremwert (max1_E1, max2_E1, max1_E2, max2_E2, max2_E3, max1_D1, max1_D2, max1_D3, max1_L1, max2_L1, max1_L2, max2_L2, max1_L3, max2_L3, min1_E1, min2_E1, min1_E2, min2_E2, min1_E3, min2_E3, min1_D1, min1_D2, min1_D3, min1_L1, min2_L1, min3_L1, min1_L2, min2_L2, min3_L2, min1_L3, min2_L3, min3_L3) vorliegt.
7. Sensorik (20) gemäß einem der Ansprüche 4 bis 6, wobei ein Schraubvorgang in Form einer Doppelverschraubung (D1, D2, D3) anhand der Dauer des Verlaufs und/oder von Plateaus in dem Verlauf von Eindrehvorgängen und/oder Anziehvorgängen (E1, E2, E3) unterschieden wird.
8. Sensorik (20) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Sensorik (20) einen Filter aufweist, der ausgebildet ist ein Signal, welches die Information über die Magnetfeldstärke repräsentiert, zu filtern.
9. Sensorik (20) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Magnetfeldsensor (22) ein dreiach-

siger Magnetfeldsensor (22) ist.

10. Sensorik (20) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Auswerteeinheit (24) ausgebildet ist, um anhand des Verlaufs eine aktuelle Drehgeschwindigkeit und/oder ein aktuell vorherrschendes Drehmoment zu detektieren; und/oder wobei die Auswerteeinheit (24) ausgebildet ist, um anhand des Verlaufs den Verschleiß in dem Elektroschrauber (10) zu erkennen; und/oder wobei die Auswerteeinheit (24) ausgebildet ist, um klassifizierte Schraub- und/oder Bohrvorgänge zu zählen; oder wobei die Auswerteeinheit (24) ausgebildet ist, Sensorik (20) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Auswerteeinheit (24) ausgebildet ist, um klassifizierte Schraub- und/oder Bohrvorgänge zu zählen und um beim Zählen von Schraubvorgängen Eindrehvorgänge aufzusummieren und Ausdrehvorgänge (L1, L2, L3) zu subtrahieren.
11. Sensorik (20) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Elektroschrauber (10) ein Akkuschauber ist.
12. Sensorik (20) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei als separates Aufsatzmodul für den Elektroschrauber (10) ausgeführt ist und die Sensorik (20) mechanisch mit dem Elektroschrauber (10) koppelbar ist; und/oder wobei die Sensorik (20) mechanisch mit dem Elektroschrauber (10) koppelbar ist.
13. Sensorik (20) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Sensorik (20) in ein Armband integriert ist; und/oder wobei die Sensorik (20) eine Drahtlosschnittstelle aufweist, über welche der Magnetfeldsensor (22) mit der Auswerteeinheit (24) kommuniziert und/oder über welche für die Auswerteeinheit (24) eine Information über die erfolgte Klassifizierung von Schraub- und/oder Bohrvorgängen ausgebar ist.
14. Sensorik (20) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Sensorik (20) zusätzlich einen Beschleunigungssensor umfasst, und die Auswerteeinheit (24) ausgebildet ist, eine Lage der Sensorik (20) und/oder des Elektroschraubers (10) im Raum durch Auswertung einer vorherrschenden Erdbeschleunigung mittels des Beschleunigungssensors zu bestimmen.
15. Sensorik (20) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Sensorik (20) eine Kalibriereinheit aufweist, die ausgebildet ist, Kalibrierparameter für die Schraub- und/oder Bohrvorgängen mit dem jeweiligen Elektroschrauber (10) zu bestimmen.

16. Verfahren zur Klassifizierung von Bohr- und Schraubvorgängen mittels eines Elektroschraubers (10), mit folgenden Schritten:

Bestimmen eines Magnetfeldes ausgehend von einem Elektromotor (16) des Elektroschraubers (10), um eine Information über die Magnetfeldstärke auszugeben; und Klassifizieren anhand eines Verlaufs der Magnetfeldstärke über die Zeit der Bohr- und Schraubvorgänge.

17. Computerprogramm mit einem Programmcode zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 16, wenn das Programm auf einem Computer abläuft.

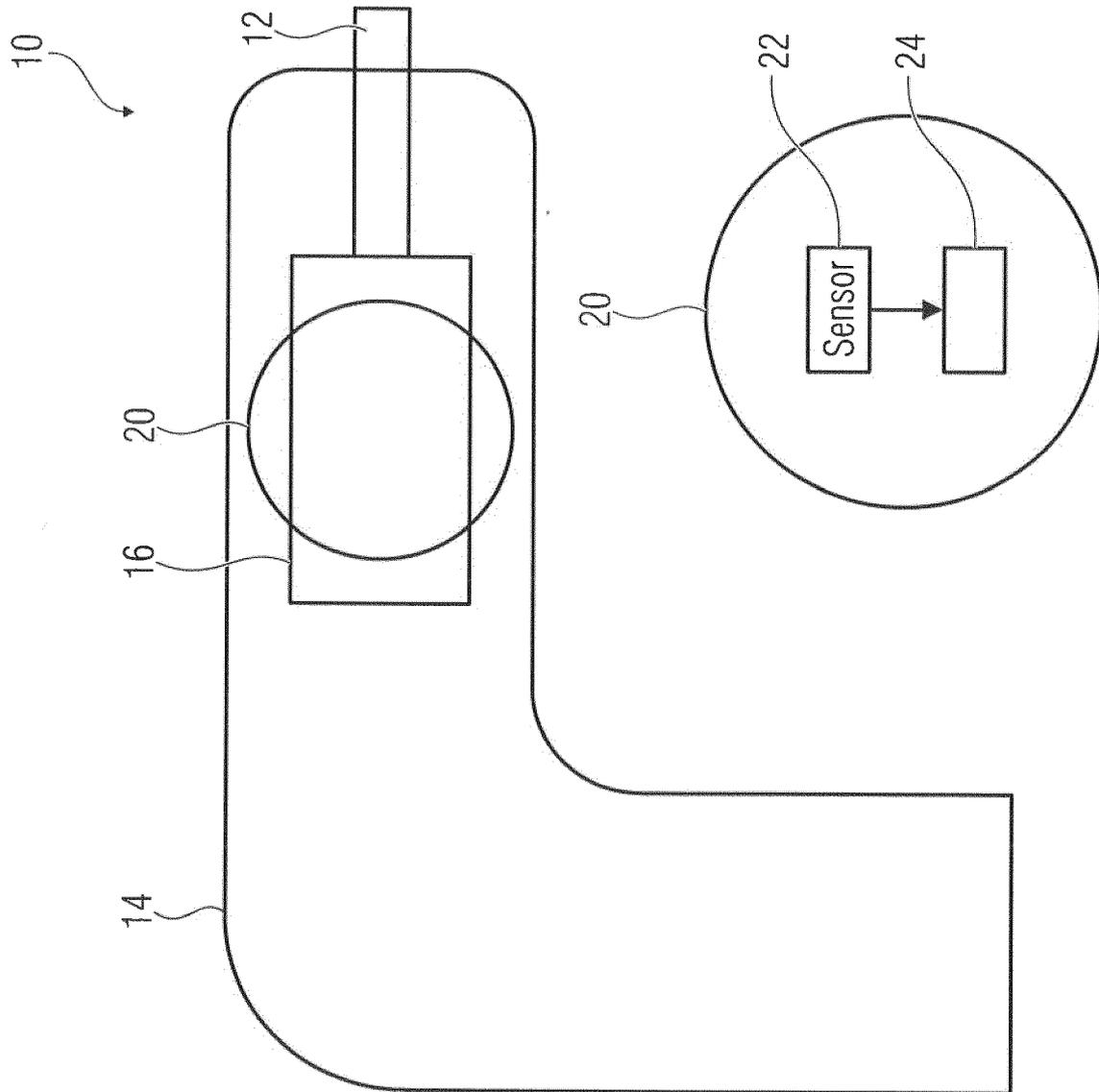


Fig. 1

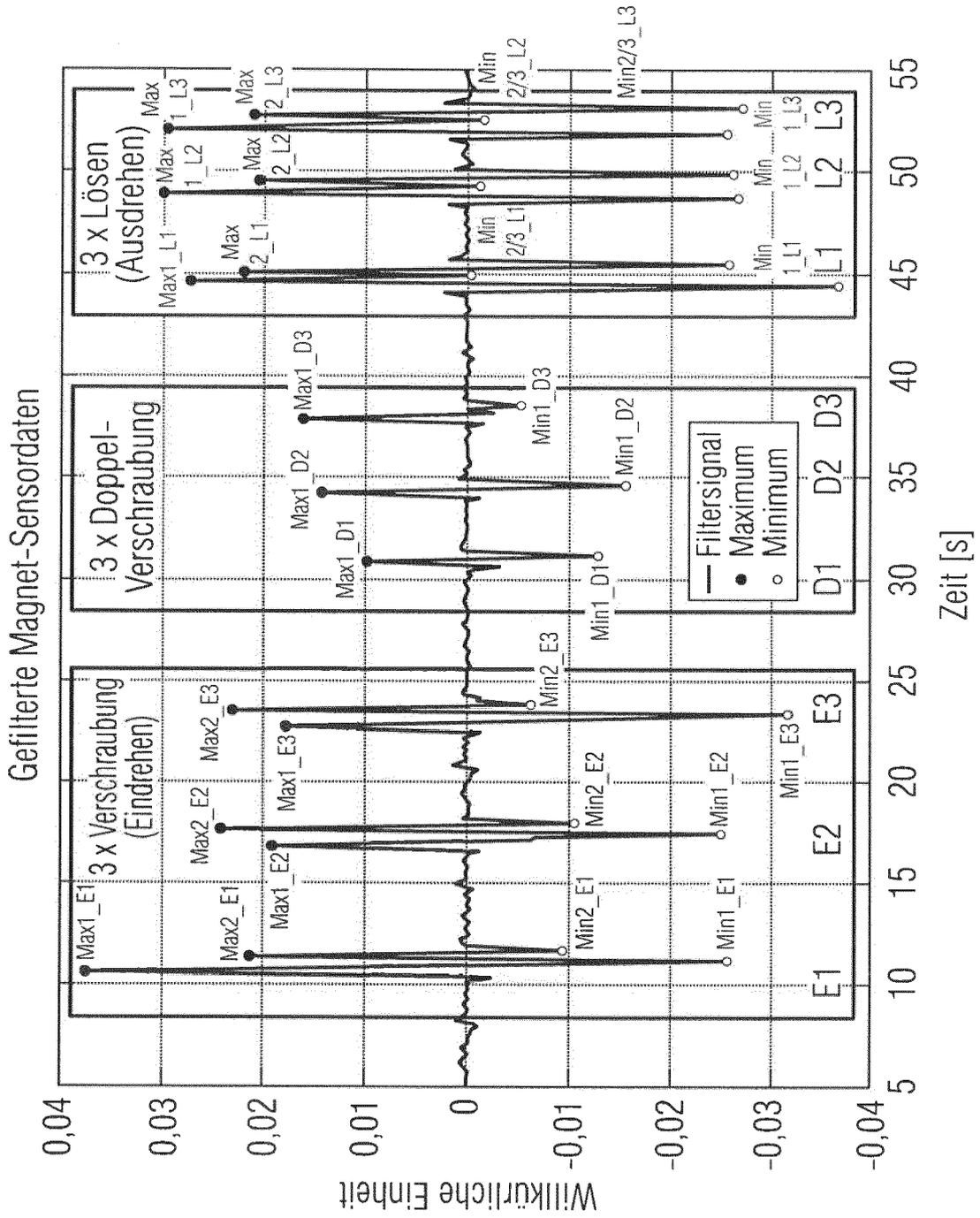


Fig. 2a

Fig. 2b

Fig. 2c

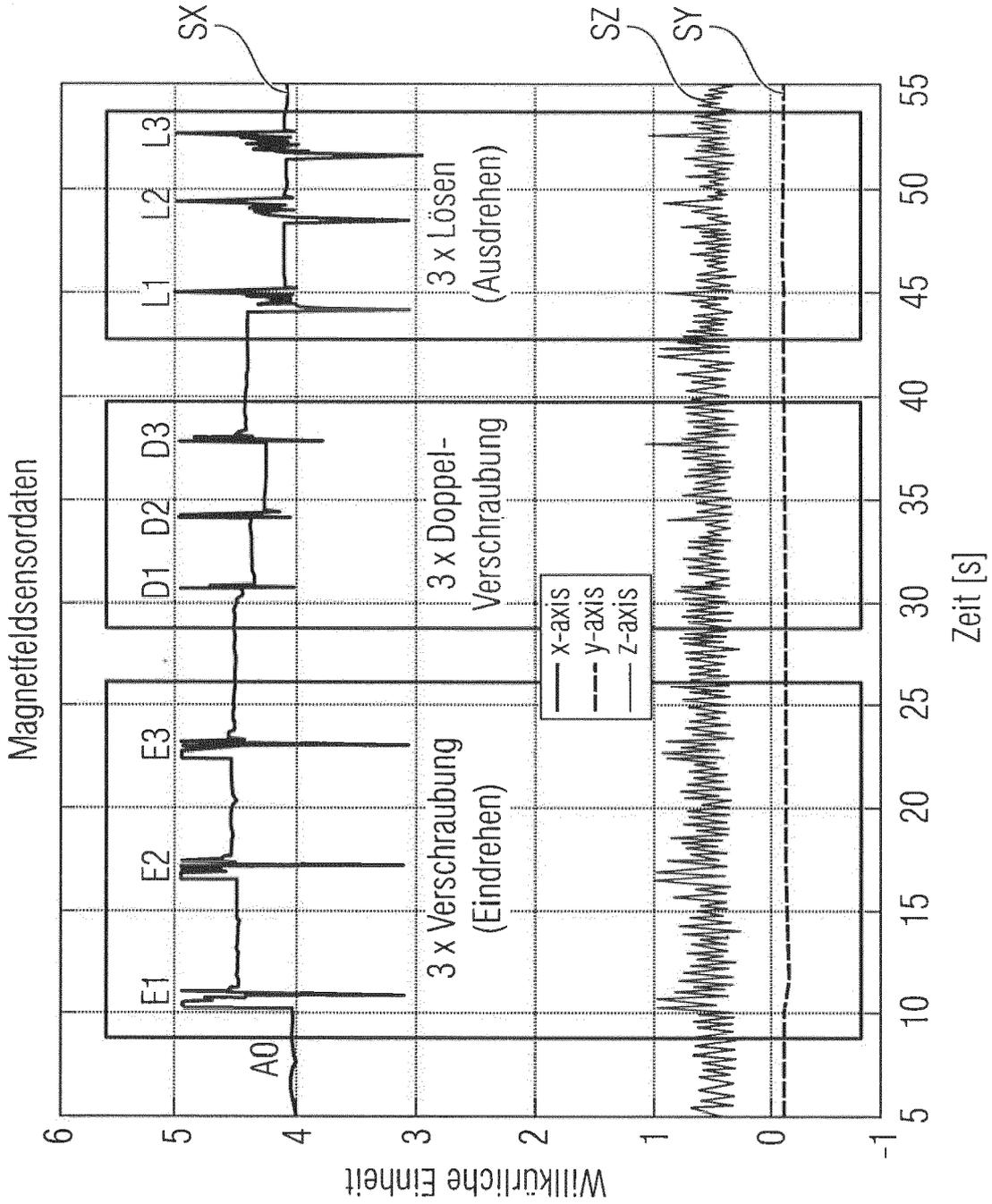


Fig. 3a

Fig. 3b

Fig. 3c

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 19948424 A1 [0003] [0004]
- US 5220839 A [0003]
- DE 19960040 A1 [0004]
- DE 102005002592 A1 [0004]
- DE 19948501 A1 [0004]
- US 2008018912 A [0005]