

(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  
21. Juli 2016 (21.07.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2016/112903 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01P 3/489 (2006.01) G01P 13/04 (2006.01)  
G01D 5/14 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2016/200005

(22) Internationales Anmeldedatum:  
11. Januar 2016 (11.01.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2015 200 475.9  
14. Januar 2015 (14.01.2015) DE

(71) Anmelder: SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG & CO. KG [DE/DE]; Industriestraße 1-3, 91074 Herzogenaurach (DE).

(72) Erfinder: STITZINGER, Rupert; Haylmannstraße 1, 97424 Schweinfurt (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)

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

(54) Title: METHOD AND MEASUREMENT SIGNAL PROCESSING UNIT FOR GENERATING A MULTI-CHANNEL MEASUREMENT SIGNAL FOR A ROTATIONAL SPEED MEASUREMENT AND SENSOR UNIT

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND MESSIGNALVERARBEITUNGSEINHEIT ZUR GENERIERUNG EINES MEHRKANALIGEN MESSSIGNALS FÜR EINE DREHZAHLMESSUNG SOWIE SENSOREINHEIT

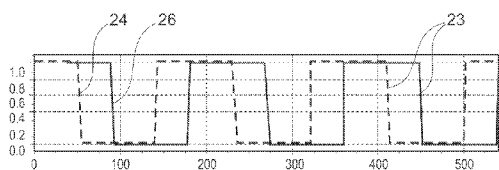
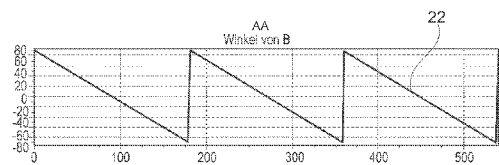
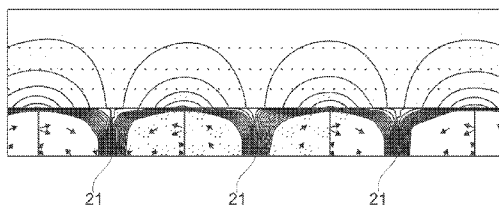


Fig. 1  
AA Angle from B

Fig. 1

(57) Abstract: The invention first of all relates to a method for generating a multi-channel measurement signal (23) for measuring the rotational speed of a rotating machine element. The multi-channel measurement signal (23) is in particular a so-called AB signal, which comprises two signal components (24, 26) which are phase-shifted by 90° and which were originally acquired by means of two offset magnetic field sensors which are opposite a magnetic multi-pole on the rotating machine element. The invention further relates to a measurement signal processing unit for generating said multi-channel measurement signal (23) and to a sensor unit which is equipped with the measurement signal processing unit according to the invention. According to the invention, a rotation angle signal (22) is first provided which represents the rotation angle of the machine element. In an additional step of the method according to the invention, the multi-channel measurement signal (23) is determined from the provided rotation angle signal (22). The multi-channel measurement signal (23) comprises at least one first channel (24) and one second channel (26). The first channel (24) and the second channel (26) each include a periodic signal which is synchronized to the rotation angle of the machine element. The periodic signal of the first channel (24) and the periodic signal of the second channel (26) have a phase shift relative to each other which preferably equals 90 degrees. According to the invention, the rotation angle signal can be provided by a plurality of magnetic field sensors, the sensors of which do not, however, have to have a phase shift of 90 degrees.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2016/112903 A1



---

Die vorliegende Erfindung betrifft zunächst ein Verfahren zur Generierung eines mehrkanaligen Messsignals (23) für die Messung der Drehzahl eines sich drehenden Maschinenelementes. Bei dem mehrkanaligen Messsignal (23) handelt es sich insbesondere um ein so genanntes AB-Signal, welches zwei um  $90^\circ$  phasenverschobene Signalanteile (24, 26) umfasst und ursprünglich mithilfe von zwei versetzten Magnetfeldsensoren gewonnen wurde, die einem magnetischen Mehrfachpol an dem sich drehenden Maschinenelement gegenüberstehen. Im Weiteren betrifft die Erfindung eine Messsignalverarbeitungseinheit zur Generierung des genannten mehrkanaligen Messsignals (23) sowie eine Sensoreinheit, die mit der erfindungsgemäßen Messsignalverarbeitungseinheit ausgestattet ist. Erfindungsgemäß wird zunächst ein Drehwinkelsignal (22) bereitgestellt, welches den Drehwinkel des Maschinenelementes repräsentiert. In einem weiteren Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das mehrkanalige Messsignal (23) aus dem bereitgestellten Drehwinkelsignal (22) bestimmt. Das mehrkanalige Messsignal (23) umfasst mindestens einen ersten Kanal (24) und einen zweiten Kanal (26). Der erste Kanal (24) und der zweite Kanal (26) enthalten jeweils ein periodisches Signal, welches synchron zum Drehwinkel des Maschinenelementes ist. Das periodische Signal des ersten Kanales (24) und das periodische Signal des zweiten Kanales (26) weisen eine Phasenverschiebung zueinander auf, welche bevorzugt  $90^\circ$  beträgt. Das Drehwinkelsignal kann dabei von mehreren Magnetfeldsensoren bereitgestellt werden, deren Signale jedoch nicht eine Phasenverschiebung von  $90^\circ$  aufweisen müssen.

**Verfahren und Messsignalverarbeitungseinheit zur Generierung eines mehrkanaligen Messsignals für eine Drehzahlmessung sowie Sensoreinheit**

5 Die vorliegende Erfindung betrifft zunächst ein Verfahren zur Generierung eines mehrkanaligen Messsignals für die Messung der Drehzahl eines sich drehenden Maschinenelementes. Bei dem mehrkanaligen Messsignal handelt es sich insbesondere um ein so genanntes AB-Signal, welches zwei um  $90^\circ$  phasenverschobene Signalanteile umfasst und ursprünglich mithilfe von zwei versetzten Magnetfeldsensoren ge-  
10 wonnen wurde, die einem magnetischen Mehrfachpol an dem sich drehenden Maschinenelement gegenüberstehen. Im Weiteren betrifft die Erfindung eine Messsignalverarbeitungseinheit zur Generierung des genannten mehrkanaligen Messsignals sowie eine Sensoreinheit, die mit der erfindungsgemäßen Messsignalverarbeitungseinheit ausgestattet ist.

15

Fig. 2 veranschaulicht eine aus dem Stand der Technik bekannte Lösung zur Messung der Drehzahl eines sich drehenden Maschinenelementes. Gemäß dieser Lösung wird ein magnetischer Mehrfachpol, auch als Multipolenkoder bezeichnet, drehfest mit dem Maschinenelement verbunden. Gegenüber diesem magnetischen Mehrfachpol  
20 werden zwei Magnetfeldsensoren 01, 02 versetzt angeordnet, wobei der Versatz gleich  $90^\circ$  der von magnetischen Polen 03 bestimmten Periode des Mehrfachpoles betragen muss, was im oberen Teil der Fig. 2 veranschaulicht ist. Im mittleren Teil der Fig. 2 sind Verläufe 04, 06 der auf die beiden Magnetfeldsensoren 01, 02 wirkenden magnetischen Feldstärke dargestellt. Die beiden Verläufe 04, 06 sind um  $90^\circ$  phasenverschoben. Mit den beiden Magnetfeldsensoren 01, 02 werden zwei Signale 07, 08  
25 gewonnen, die im unteren Teil der Fig. 2 dargestellt sind und ein AB-Signal 09 bilden. Aus dem AB-Signal 09 lässt sich aufwandsarm die Drehzahl des Maschinenelementes bestimmen.

30

Fig. 3 veranschaulicht eine weitere aus dem Stand der Technik bekannte Lösung zur Messung der Drehzahl eines sich drehenden Maschinenelementes. Auch bei dieser Lösung wird ein magnetischer Mehrfachpol drehfest mit dem Maschinenelement verbunden. Gegenüber diesem magnetischen Mehrfachpol wird ein Magnetfeldsensor

(nicht dargestellt) angeordnet, welcher die Messung eines Drehwinkels des Maschinenelementes ermöglicht. Im mittleren Teil der Fig. 3 ist ein Drehwinkelsignal 11 des den Drehwinkel messenden Magnetfeldsensors dargestellt. Mit diesem Magnetfeldsensor lässt sich der Drehwinkel zwischen  $0^\circ$  und  $180^\circ$  eindeutig messen. Aus dem Drehwinkelsignal 11 wird wiederum ein Rechtecksignal 12 gewonnen, welches im unteren Teil der Fig. 3 dargestellt. Das Rechtecksignal 12 ist mit dem ersten Signal 07 des AB-Signals 09 (gezeigt in Fig. 2) vergleichbar.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht ausgehend vom Stand der Technik darin, den Aufwand zur Gewinnung eines AB-Signals für die Messung der Drehzahl eines sich drehenden Maschinenelementes zu verringern.

Die genannte Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren gemäß dem beigefügten Anspruch 1 sowie durch eine Messsignalverarbeitungseinheit gemäß dem beigefügten nebengeordneten Anspruch 9. Im Weiteren wird die Aufgabe durch eine Sensoreinheit gemäß dem beigefügten nebengeordneten Anspruch 10 gelöst.

Das erfindungsgemäße Verfahren dient zur Generierung eines mehrkanaligen Messsignals für die Messung der Drehzahl eines sich drehenden Maschinenelementes. Bei dem Maschinenelement kann es sich beispielsweise um eine Welle oder um eine Achse handeln. Bevorzugt handelt es sich bei dem Maschinenelement um einen Ring eines rotativen Lagers; insbesondere um einen der beiden Ringe eines so genannten Drehzahlagers, welches beispielsweise als Tretlager ausgebildet ist.

Erfindungsgemäß wird zunächst ein Drehwinkelsignal bereitgestellt, welches den Drehwinkel des Maschinenelementes repräsentiert. Das Drehwinkelsignal ändert sich bei Drehung des Maschinenelements funktional eindeutig und bevorzugt bijektiv. Es kann über eine Umdrehung des Maschinenelementes mehrfach wiederholt sein. Das Drehwinkelsignal kann unmittelbar als Ausgangssignal eines Sensors bereitgestellt werden, der eine Messung des Drehwinkels ermöglicht. Alternativ kann das Drehwinkelsignal dadurch bereitgestellt werden, dass das Drehwinkelsignal aus den Signalen versetzt zueinander angeordneter Sensoren bestimmt wird.

In einem weiteren Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein mehrkanaliges Messsignal aus dem bereitgestellten Drehwinkelsignal bestimmt. Das mehrkanalige Messsignal umfasst mindestens einen ersten Kanal und einen zweiten Kanal, d. h., mindestens zwei eigenständige Teilsignale. Der erste Kanal und der zweite Kanal  
5 enthalten jeweils ein periodisches Signal, welches synchron zum Drehwinkel des Maschinenelementes und somit auch synchron zum Drehwinkelsignal ist. Das periodische Signal des ersten Kanales und das periodische Signal des zweiten Kanales weisen eine Phasenverschiebung zueinander auf. Es handelt sich somit um ein  
10 AB-Signal, welches im Gegensatz zum Stand der Technik aus einem Drehwinkelsignal bestimmt wurde. Aus dem AB-Signal lässt sich aufwandsarm die Drehzahl des Maschinenelementes bestimmen. Das AB-Signal erlaubt auch die Bestimmung der Drehrichtung und kann vervierfacht werden kann, indem eine Exklusiv-Oder-Operation auf das A-Signal und auf das B-Signal angewendet wird. Bei dem mehrkanaligen  
15 Messsignal handelt es sich bevorzugt um ein digitales Signal.

Ein besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass die Generierung des AB-Signals nicht die Anordnung zweier Magnetfeldsensoren erfordert, die einen solchen Versatz zueinander aufweisen müssen, welcher gleich  $90^\circ$  der  
20 Periode der magnetischen Pole eines Multipolenkoders beträgt. Es kann beispielsweise ein einzelner Sensor zur Drehwinkelmessung genutzt werden oder es können zwei Magnetfeldsensoren mit einem anderen Versatz zueinander verwendet werden. Hierdurch können u. a. auch Standardkomponenten flexibler für eine Drehzahlmessung eingesetzt werden.

Bei bevorzugten Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens werden zum  
25 Bereitstellen des Drehwinkelsignals magnetfeldsensitive Sensoren genutzt, was eine Magnetisierung des Maschinenelementes voraussetzt. Daher wird für das Bereitstellen des Drehwinkelsignals bevorzugt mindestens ein Magnetfeldsensor genutzt, welcher einem Magnetisierungsbereich an dem sich drehenden Maschinenelement gegenübersteht. Der sich drehende Magnetisierungsbereich stellt einen Encoder dar, der  
30 durch den mindestens einen Magnetfeldsensor abgetastet bzw. gelesen wird.

Der Magnetisierungsbereich ist bevorzugt durch einen Permanentmagneten gebildet, der eine Mehrzahl an magnetischen Polen aufweist. Der Permanentmagnet weist bevorzugt mindestens vier der magnetischen Pole auf. Bei dem Permanentmagnet kann es sich bevorzugt auch um einen Multipol handeln. Der Permanentmagnet ist bevorzugt ringförmig ausgebildet und koaxial zur Drehachse des sich drehenden Maschinenelementes angeordnet.

Bei besonders bevorzugten Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens wird für das Bereitstellen des Drehwinkelsignals genau ein Magnetfeldsensor genutzt, welcher dem Magnetisierungsbereich an dem sich drehenden Maschinenelement gegenübersteht und das Drehwinkelsignal unmittelbar ausgibt. Bei diesen Ausführungsformen ist der Magnetfeldsensor bevorzugt durch eine AMR-Brückenschaltung mit vier einzelnen AMR-Widerständen gebildet.

Bei alternativ bevorzugten Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens werden für das Bereitstellen des Drehwinkelsignals zwei der Magnetfeldsensoren genutzt. Die beiden Magnetfeldsensoren sind räumlich zueinander beabstandet gegenüber dem Magnetisierungsbereich angeordnet. Bei diesen Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst der Schritt des Bereitstellens des Drehwinkelsignals einen Teilschritt, bei welchem das Drehwinkelsignal aus den Signalen der beiden Magnetfeldsensoren bestimmt wird. Die beiden Magnetfeldsensoren weisen bevorzugt bezogen auf die Umdrehung des Maschinenelementes einen Versatz auf, der bevorzugt nicht  $90^\circ$  der durch die magnetischen Pole gebildeten Periode beträgt. Es ist nämlich ein besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens, dass der Versatz zwischen den beiden Magnetfeldsensoren unabhängig von der durch die magnetischen Pole gebildeten Periode gewählt werden kann. Der Versatz muss aber bekannt sein, um aus den Signalen das Drehwinkelsignal bestimmen zu können. Bei diesen Ausführungsformen sind die beiden Magnetfeldsensoren bevorzugt jeweils durch einen Hall-Sensor gebildet, mit dem eine Richtungskomponente des Magnetfeldes messbar ist.

Bei den zu verwendenden Magnetfeldsensoren handelt es sich bevorzugt um AMR-Messbrücken oder um Hall-Sensoren. Grundsätzlich können die zu verwendenden

Magnetfeldsensoren aber auch durch andere Sensoren gebildet sein, mit denen magnetische Eigenschaften detektierbar sind.

Die beiden Magnetfeldsensoren geben bevorzugt jeweils ein periodisches Signal aus.  
5 Wegen der versetzten Anordnung der beiden Magnetfeldsensoren weisen das periodische Signal des ersten Magnetfeldsensors und das periodische Signal des zweiten Magnetfeldsensors eine Phasenverschiebung auf. Diese Phasenverschiebung ist bevorzugt ungleich  $90^\circ$ .

10 Das periodische Signal des ersten Magnetfeldsensors und das periodische Signal des zweiten Magnetfeldsensors sind bevorzugt jeweils sinusförmig. Folglich können diese Signale als Sinus-/Kosinussignal angesehen werden.

Das Drehwinkelsignal besitzt bevorzugt eine Periode, die einer halben Umdrehung  
15 des Maschinenelementes entspricht. Folglich repräsentiert das Drehwinkelsignal ein Drehwinkelintervall von  $0^\circ$  bis  $180^\circ$ . Alternativ bevorzugt besitzt das Drehwinkelsignal eine Periode, die einer ganzen Umdrehung des Maschinenelementes entspricht. In diesem Fall repräsentiert das Drehwinkelsignal ein Drehwinkelintervall von  $0^\circ$  bis  $360^\circ$ . Alternativ bevorzugt besitzt das Drehwinkelsignal eine Periode, die einem n-ten  
20 Bruchteil einer ganzen Umdrehung des Maschinenelementes entspricht, wobei n beispielsweise gleich 64 ist. In diesem Fall repräsentiert das Drehwinkelsignal ein Drehwinkelintervall des Maschinenelementes von  $0^\circ$  bis  $360^\circ/n$ .

Das Drehwinkelsignal ist bevorzugt linear zum Drehwinkel. Diese Linearität ist bevorzugt  
25 zwischen  $0^\circ$  und  $360^\circ$  oder zumindest in einem ganzen Bruchteil von  $360^\circ$  ausgebildet. Besonders bevorzugt ist das Drehwinkelsignal zwischen  $0^\circ$  und  $180^\circ$  linear zum Drehwinkel.

Das Drehwinkelsignal ist bevorzugt durch ein Sägezahnsignal gebildet ist, wobei die  
30 Rampen des Sägezahnsignals bevorzugt jeweils einen Drehwinkel zwischen  $0^\circ$  und  $180^\circ$  bzw. einer Periode davon repräsentieren. Das Drehwinkelsignal kann aber auch durch andere eindeutig umkehrbare Signalformen gebildet sein.

Das periodische Signal des ersten Kanales und das periodische Signal des zweiten Kanales besitzen bevorzugt eine gleiche Periodendauer. Das periodische Signal des ersten Kanales und das periodische Signal des zweiten Kanales besitzen bevorzugt eine gleiche maximale Amplitude. Folglich unterscheiden sich das periodische Signal des ersten Kanales und das periodische Signal des zweiten Kanales nur in ihrer Phase.

Das periodische Signal des ersten Kanales und das periodische Signal des zweiten Kanales besitzen bevorzugt jeweils eine Periodendauer, die einer Umdrehung oder einem ganzen Bruchteil einer Umdrehung des Maschinenelementes entspricht. Bevorzugt besitzen das periodische Signal des ersten Kanales und das periodische Signal des zweiten Kanales jeweils eine Periodendauer, die einer halben Umdrehung des Maschinenelementes entspricht.

Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens ist das zu generierende mehrkanalige Messsignal vervielfacht. Hierfür besitzen das periodische Signal des ersten Kanales und das periodische Signal des zweiten Kanales jeweils eine Periodendauer, die einem n-ten Bruchteil einer Umdrehung des Maschinenelementes entspricht, wobei n eine natürliche Zahl ist, die mindestens vier und bevorzugt größer als 10 ist.

Die Phasenverschiebung zwischen dem periodischen Signal des ersten Kanales und dem periodischen Signal des zweiten Kanales beträgt besonders bevorzugt gleich  $90^\circ$ , so wie es auch bei bekannten AB-Signalen der Fall ist. Grundsätzlich können aber auch andere Phasenverschiebungen realisiert werden.

Das periodische Signal des ersten Kanales und das periodische Signal des zweiten Kanales sind bevorzugt jeweils durch ein Rechtecksignal gebildet. Aus den Rechtecksignalen lässt sich aufwandsarm die Drehzahl des Maschinenelementes bestimmen.

Das Bestimmen des mehrkanaligen Messsignals erfolgt bevorzugt durch ein Anwenden einer Rechenvorschrift auf das Drehwinkelsignal. Die Rechenvorschrift ist insbesondere durch eine oder mehrere Formeln gebildet, die auf den jeweils aktuell ge-

messenen Drehwinkel angewendet werden und im Ergebnis die beiden aktuellen Werte des mehrkanaligen Messsignals liefern.

Das Bestimmen des mehrkanaligen Messsignals erfolgt alternativ bevorzugt durch ein Auslesen einer Zuordnungstabelle für das Drehwinkelsignal. Die Zuordnungstabelle, welche auch als Look-Up-Table bezeichnet werden kann, umfasst Wertetripel mit jeweils einem Wert für den Drehwinkel und zwei Werten für das mehrkanalige Messsignal. Die Verwendung von Zuordnungstabellen erfordert wenig Rechenleistung.

Die erfindungsgemäße Messsignalverarbeitungseinheit dient zur Generierung eines mehrkanaligen Messsignals für die Messung der Drehzahl eines sich drehenden Maschinenelementes. Die Messsignalverarbeitungseinheit ist zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens konfiguriert. Die Messsignalverarbeitungseinheit ist bevorzugt zur Ausführung bevorzugter Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens konfiguriert. Im Übrigen weist die Messsignalverarbeitungseinheit bevorzugt auch solche Merkmale auf, die im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben sind.

Die erfindungsgemäße Messsignalverarbeitungseinheit umfasst bevorzugt einen Mikroprozessor oder einen ASIC, der für den Schritt des Bestimmens des mehrkanaligen Messsignals entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren konfiguriert ist. Der Mikroprozessor bzw. der ASIC kann auch für Teilschritte des Schrittes zum Bereitstellen des Drehwinkelsignals entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren konfiguriert sein.

Die erfindungsgemäße Sensoreinheit dient zur Messung der Drehzahl eines Maschinenelementes und umfasst zunächst mindestens einen Magnetfeldsensor, welcher einem Magnetisierungsbereich des sich drehenden Maschinenelementes gegenübersteht. Weiterhin umfasst die Sensoreinheit die erfindungsgemäße Messsignalverarbeitungseinheit. Bevorzugt umfasst die Sensoreinheit bevorzugte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Messsignalverarbeitungseinheit. Im Übrigen weist die Sensoreinheit bevorzugt auch solche Merkmale auf, die im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben sind.

Weitere Einzelheiten, Vorteile und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, unter Bezugnahme auf die Zeichnung. Es zeigen:

5

Fig. 1 einen magnetischen Mehrfachpol und erfindungsgemäß erzeugte Signale;

Fig. 2 einen magnetischen Mehrfachpol und Signale, die gemäß einer Lösung aus dem Stand der Technik erzeugt wurden; und

10

Fig. 3 einen magnetischen Mehrfachpol und Signale, die gemäß einer weiteren Lösung aus dem Stand der Technik erzeugt wurden.

15

Im oberen Teil der Fig. 1 ist ein magnetischer Mehrfachpol veranschaulicht, der mehrere magnetische Pole 21 aufweist, die auf einem ringförmigen Magnetisierungsbereich eines sich drehenden Maschinenelementes (nicht dargestellt) angeordnet sind. Dieser Mehrfachpol wird erfindungsgemäß zur Messung der Drehzahl des Maschinenelementes genutzt.

20

Im mittleren Teil der Fig. 1 ist ein erfindungsgemäß bereitgestelltes Drehwinkelsignal 22 eines Drehwinkelsensors (nicht dargestellt) gezeigt, welcher dem magnetischen Mehrfachpol gegenübersteht. Bei dem Drehwinkelsignal 22 handelt es sich beispielhaft um ein Sägezahnsignal, dessen Periodenlänge einem Drehwinkel von  $180^\circ$  entspricht.

25

Im unteren Teil der Fig. 1 ist ein erfindungsgemäß berechnetes mehrkanaliges Messsignal 23 dargestellt, welches auch als AB-Signal 23 bezeichnet werden kann. Das mehrkanalige Messsignal 23 wurde unmittelbar aus dem Drehwinkelsignal 22 berechnet. Es umfasst einen ersten Kanal 24 und einen zweiten Kanal 26. Die beiden Kanäle 24, 26 sind jeweils durch ein Rechtecksignal gebildet, welches synchron zum Drehwinkelsignal 22 ist. Die beiden Kanäle 24, 26 weisen eine Phasenverschiebung von  $90^\circ$  auf.

30

Bezugszeichenliste

- 01 erster Magnetfeldsensor
- 02 zweiter Magnetfeldsensor
- 03 magnetischer Pol
- 04 Verlauf der magnetischen Feldstärke
- 05 -
- 06 Verlauf der magnetischen Feldstärke
- 07 erstes Signal
- 08 zweites Signal
- 09 AB-Signal
- 10 -
- 11 Drehwinkelsignal
- 12 Rechtecksignal
- 13 -
- 14 -
- 15 -
- 16 -
- 17 -
- 18 -
- 19 -
- 20 -
- 21 magnetischer Pol
- 22 Drehwinkelsignal
- 23 mehrkanaliges Messsignal (AB-Signal)
- 24 erster Kanal
- 25 -
- 26 zweiter Kanal

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Generierung eines mehrkanaligen Messsignals (23) für die Mes-  
sung der Drehzahl eines Maschinenelementes, folgende Schritte umfassend:
  - 5     – Bereitstellen eines Drehwinkelsignals (22), welches den Drehwinkel des  
      Maschinenelementes repräsentiert; und
  - Bestimmen eines mehrkanaligen Messsignals (23) aus dem bereitgestellten  
      Drehwinkelsignal (22), wobei das mehrkanalige Messsignal (23) mindes-  
      tens einen ersten Kanal (24) und einen zweiten Kanal (26) umfasst, wobei  
10     der erste Kanal (24) und der zweite Kanal (26) jeweils ein periodisches  
      Signal enthalten, welches synchron zum Drehwinkel des Maschinenele-  
      mentes ist, und wobei das periodische Signal des ersten Kanales (24) und  
      das periodische Signal des zweiten Kanales (26) eine Phasenverschiebung  
      zueinander aufweisen.
  
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass für das Bereitstel-  
len des Drehwinkelsignals (22) mindestens ein Magnetfeldsensor genutzt wird,  
welcher einem Magnetisierungsbereich an dem sich drehenden Maschinenele-  
ment gegenübersteht.
  
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass für das Bereitstel-  
20 len des Drehwinkelsignals (22) der einzige Magnetfeldsensor genutzt wird, wel-  
cher das Drehwinkelsignal (22) unmittelbar ausgibt.
  
4. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass für das Bereitstel-  
len des Drehwinkelsignals (22) zwei der Magnetfeldsensoren genutzt werden,  
wobei die beiden Magnetfeldsensoren räumlich beabstandet gegenüber dem  
25 Magnetisierungsbereich angeordnet sind, und wobei das Drehwinkelsignal (22)  
aus den Signalen der beiden Magnetfeldsensoren bestimmt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das periodische Signal des ersten Kanales (24) und das periodische Signal des zweiten Kanales (26) jeweils eine Periodendauer aufweisen, die einer halben Umdrehung des Maschinenelementes entspricht.
- 5 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das periodische Signal des ersten Kanales (24) und das periodische Signal des zweiten Kanales (26) jeweils eine Periodendauer aufweisen, die einem n-ten Bruchteil einer Umdrehung des Maschinenelementes entspricht, wobei  $n \geq 4$  ist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Phasenverschiebung zwischen dem periodischen Signal des ersten Kanales (24) und dem periodischen Signal des zweiten Kanales (26) gleich  $90^\circ$  beträgt.
- 10 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das periodische Signal des ersten Kanales (24) und das periodische Signal des zweiten Kanales (26) jeweils durch ein Rechtecksignal gebildet sind.
- 15 9. Messsignalverarbeitungseinheit zur Generierung eines mehrkanaligen Messsignals (23) für die Messung der Drehzahl eines Maschinenelementes, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie zur Ausführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8 konfiguriert ist.
- 20 10. Sensoreinheit zur Messung der Drehzahl eines Maschinenelementes, umfassend:  
— mindestens einen Magnetfeldsensor, welcher einem Magnetisierungsbereich des sich drehenden Maschinenelementes gegenübersteht; und  
— eine Messsignalverarbeitungseinheit nach Anspruch 9.

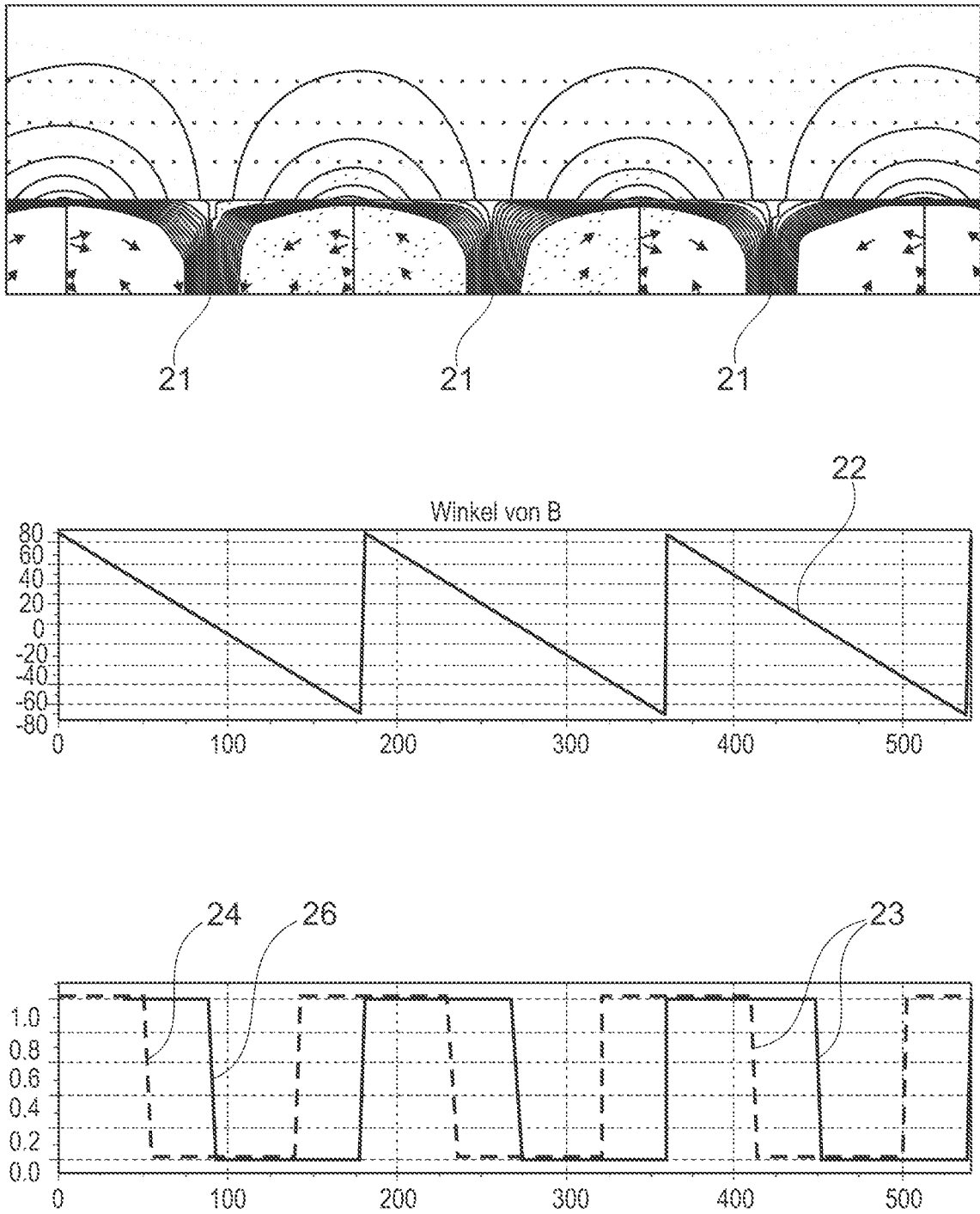


Fig. 1

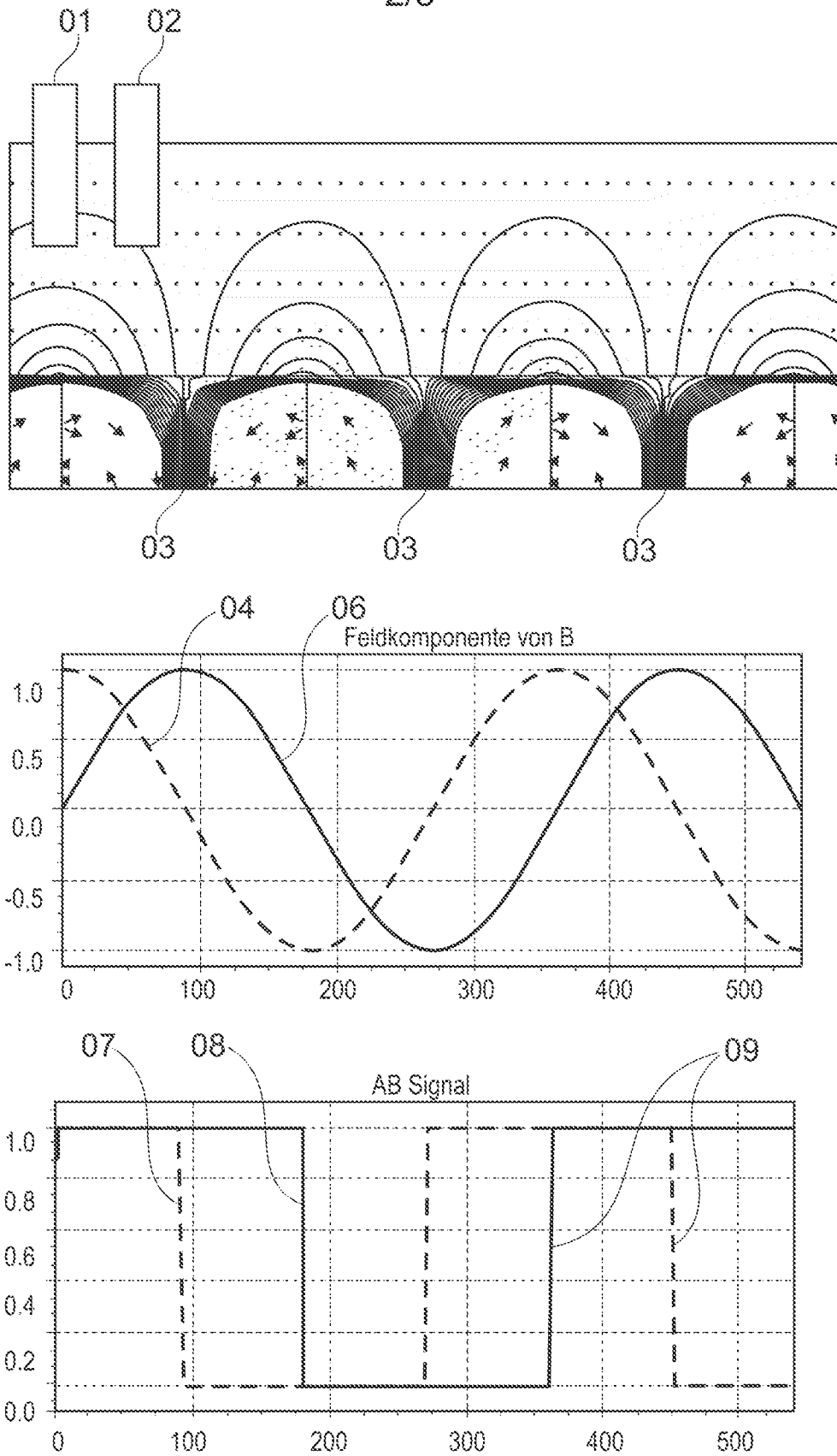


Fig. 2  
Stand der Technik

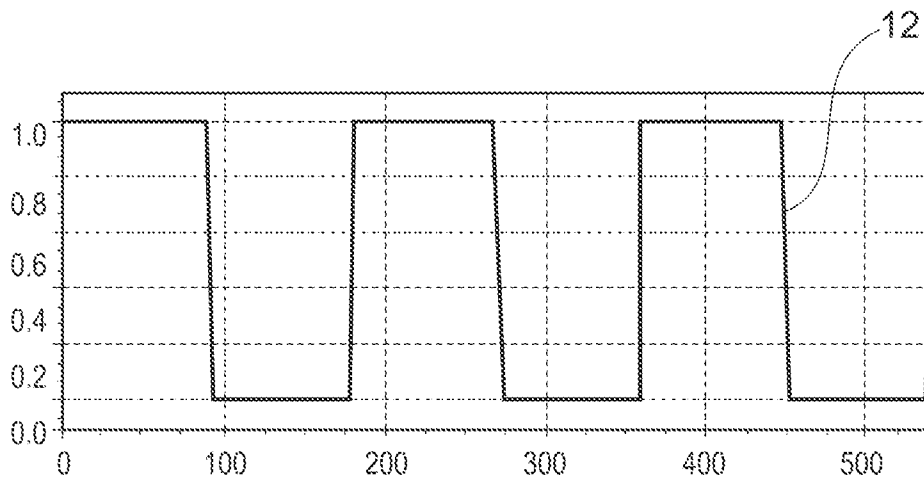
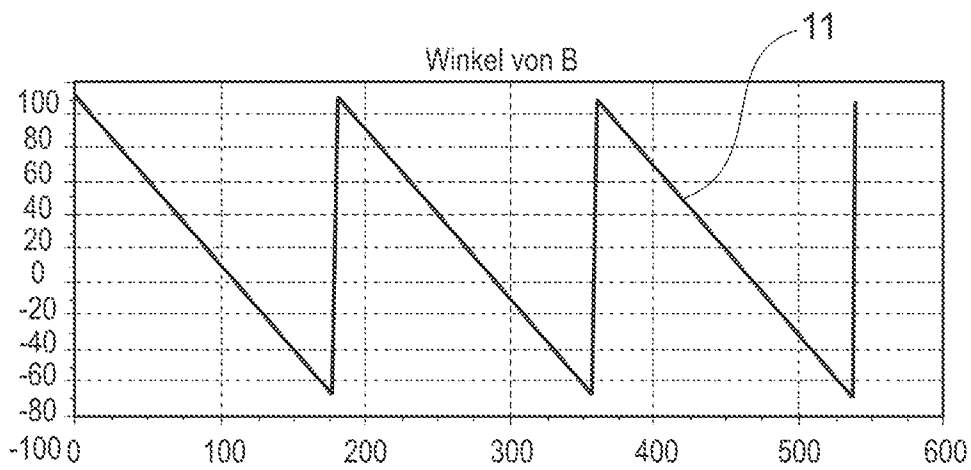
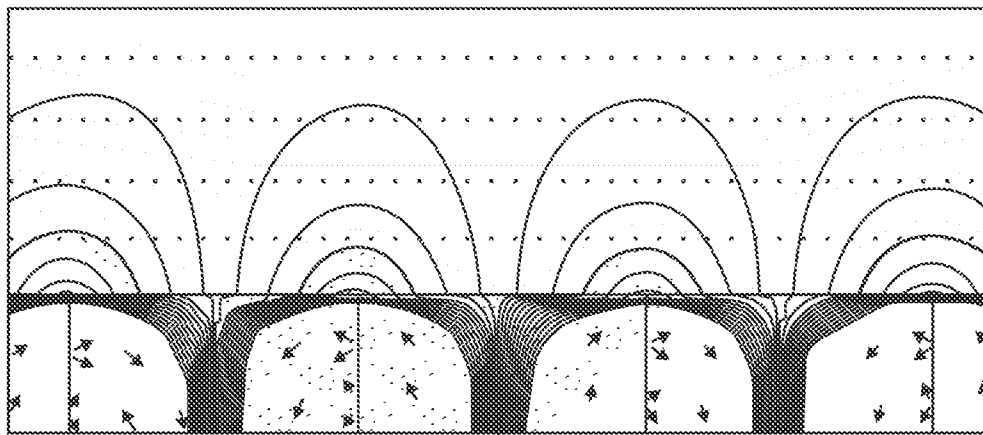


Fig. 3  
Stand der Technik

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/DE2016/200005

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. G01P3/489 G01D5/14 G01P13/04  
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)  
G01P G01D

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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2008/180090 A1 (STOLFUS JOEL D [US] ET AL) 31 July 2008 (2008-07-31)	1-10
Y	paragraphs [0045], [0060] - [0077]; claims 1,16,17; figures 3,11-14	1-10
X	DE 100 52 035 A1 (SECATEC ELECTRONIC GMBH [DE]) 31 October 2001 (2001-10-31)	1,2,4, 6-10
Y	abstract paragraphs [0003], [0005], [0013], [0015] - [0017]; claims 1,2,3,10; figure 1	1-10
Y	US 2010/085038 A1 (HINZ MICHAEL [DE]) 8 April 2010 (2010-04-08) paragraphs [0020], [0021]; figures 4,6	1-10
	-/--	

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  9 May 2016	Date of mailing of the international search report  20/05/2016
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  Felicetti, Christoph

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/DE2016/200005

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2010/097051 A1 (BUSSAN ANTHONY J [US]) 22 April 2010 (2010-04-22) paragraphs [0014], [0015], [0033] - [0034]; claims 21,22; figures 4-6 -----	1-10
Y	DE 10 2006 055305 A1 (EBM PAPST ST GEORGEN GMBH & CO [DE]) 14 June 2007 (2007-06-14) paragraphs [0004], [0018] - [0023], [0026] - [0031] -----	1-10

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/DE2016/200005
---

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2008180090 A1	31-07-2008	US 2008180090 A1 WO 2008094809 A2	31-07-2008 07-08-2008
-----			
DE 10052035 A1	31-10-2001	NONE	
-----			
US 2010085038 A1	08-04-2010	CN 1809725 A EP 1642086 A2 JP 2007516415 A US 2010085038 A1 WO 2004113928 A2	26-07-2006 05-04-2006 21-06-2007 08-04-2010 29-12-2004
-----			
US 2010097051 A1	22-04-2010	EP 2180295 A1 US 2010097051 A1	28-04-2010 22-04-2010
-----			
DE 102006055305 A1	14-06-2007	NONE	
-----			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01P3/489 G01D5/14 G01P13/04 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01P G01D		
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, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2008/180090 A1 (STOLFUS JOEL D [US] ET AL) 31. Juli 2008 (2008-07-31)	1-10
Y	Absätze [0045], [0060] - [0077]; Ansprüche 1,16,17; Abbildungen 3,11-14	1-10
X	DE 100 52 035 A1 (SECATEC ELECTRONIC GMBH [DE]) 31. Oktober 2001 (2001-10-31)	1,2,4, 6-10
Y	Zusammenfassung Absätze [0003], [0005], [0013], [0015] - [0017]; Ansprüche 1,2,3,10; Abbildung 1	1-10
Y	US 2010/085038 A1 (HINZ MICHAEL [DE]) 8. April 2010 (2010-04-08) Absätze [0020], [0021]; Abbildungen 4,6	1-10
	----- -/--	
<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" 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. Mai 2016		20/05/2016
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  Felicetti, Christoph

## C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2010/097051 A1 (BUSSAN ANTHONY J [US]) 22. April 2010 (2010-04-22) Absätze [0014], [0015], [0033] - [0034]; Ansprüche 21,22; Abbildungen 4-6 -----	1-10
Y	DE 10 2006 055305 A1 (EBM PAPST ST GEORGEN GMBH & CO [DE]) 14. Juni 2007 (2007-06-14) Absätze [0004], [0018] - [0023], [0026] - [0031] -----	1-10

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2016/200005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2008180090 A1	31-07-2008	US 2008180090 A1 WO 2008094809 A2	31-07-2008 07-08-2008
DE 10052035 A1	31-10-2001	KEINE	
US 2010085038 A1	08-04-2010	CN 1809725 A EP 1642086 A2 JP 2007516415 A US 2010085038 A1 WO 2004113928 A2	26-07-2006 05-04-2006 21-06-2007 08-04-2010 29-12-2004
US 2010097051 A1	22-04-2010	EP 2180295 A1 US 2010097051 A1	28-04-2010 22-04-2010
DE 102006055305 A1	14-06-2007	KEINE	