



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**14.12.2022 Patentblatt 2022/50**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**B25F 5/00 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **21179075.3**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**B25F 5/00**

(22) Anmeldetag: **11.06.2021**

(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:  
**KH MA MD TN**

- **Khandozhko, Serhey**  
**9470 Buchs SG (CH)**
- **Wierer, Michael**  
**6832 Röthis (AT)**
- **Binder, Albert**  
**9470 Buchs (CH)**
- **Clausi, Donato**  
**4144 Arlesheim (CH)**

(71) Anmelder: **Hilti Aktiengesellschaft**  
**9494 Schaan (LI)**

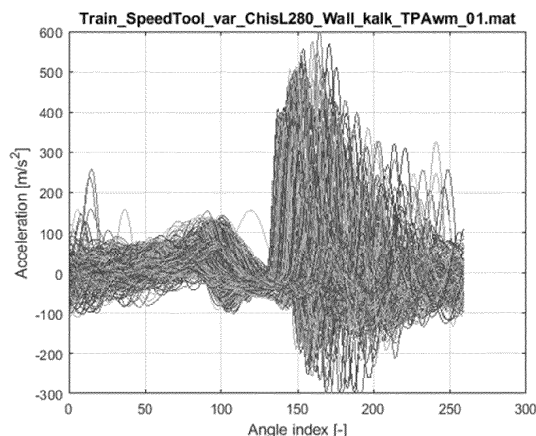
(74) Vertreter: **Hilti Aktiengesellschaft**  
**Corporate Intellectual Property**  
**Feldkircherstrasse 100**  
**Postfach 333**  
**9494 Schaan (LI)**

(72) Erfinder:  
• **Bralla, Dario**  
**9470 Buchs (CH)**

(54) **VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG EINER EIGENSCHAFT EINES WERKZEUGS SOWIE MOBILE WERKZEUGMASCHINE**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren (1000) zur Bestimmung einer Eigenschaft eines in einer mobilen Werkzeugmaschine (1), beispielsweise eine Handwerkzeugmaschine oder ein Bohrbaurobter (110), aufgenommenen Werkzeugs (3). Die Bestimmung erfolgt erfindungsgemäß auf Basis einer oder mehrerer gemessener Beschleunigungen. In den Rahmen der Erfindung

fällt des Weiteren eine mobile Werkzeugmaschine (1). Das erfindungsgemäße Verfahren (1000) sowie die erfindungsgemäße mobile Werkzeugmaschine (1) lassen sich mit verschiedenartigen Werkzeugen (3) verwenden, ohne dass es spezieller Vorbereitungen der Werkzeuge (3) bedarf.



**Fig. 4**

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung einer Eigenschaft eines in einer mobilen Werkzeugmaschine aufgenommenen Werkzeugs. Des Weiteren betrifft die Erfindung eine mobile Werkzeugmaschine.

**[0002]** Um beispielsweise bei einer Hammerbohrmaschine einen Bohrvorgang optimal steuern zu können, ist es wünschenswert, ein oder mehrere Eigenschaften eines Werkzeugs selbsttätig durch die Hammerbohrmaschine erkennen zu können. Von besonderem Interesse sind beispielsweise die Art des verwendeten Werkzeugs und / oder seine Größe.

**[0003]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren sowie eine mobile Werkzeugmaschine anzubieten, die eine besonders vielseitig einsetzbare Möglichkeit anbieten, wenigstens eine Eigenschaft eines in der mobilen Werkzeugmaschine verwendeten Werkzeugs selbsttätig zu bestimmen.

**[0004]** Gelöst wird die Aufgabe durch ein Verfahren zur Bestimmung einer Eigenschaft eines in einer mobilen Werkzeugmaschine, beispielsweise eine Handwerkzeugmaschine oder ein Bauroboter, aufgenommenen Werkzeugs, wobei die Eigenschaft auf Basis einer oder mehrerer gemessener Beschleunigungen bestimmt wird.

**[0005]** Es ist somit nicht erforderlich, die Eigenschaft beispielsweise manuell durch einen Benutzer eingeben zu lassen. Fehleingaben können damit vermieden werden. Es erübrigt sich daher, das Werkzeug speziell zu kennzeichnen. Es ist auch nicht erforderlich, die mobile Werkzeugmaschine mit einer speziellen Lesevorrichtung zur Auslesung eines solchen Kennzeichens auszustatten. Vielmehr können beliebige, für die jeweilige Bauaufgabe geeignete Werkzeuge verwendet werden. Dadurch lässt sich eine besonders hohe Flexibilität erreichen.

**[0006]** Die Beschleunigungen können insbesondere Längsbeschleunigungen sein. Die Längsbeschleunigungen können Beschleunigungen längs einer Längsachse des Werkzeugs und / oder der mobilen Werkzeugmaschine sein.

**[0007]** Insbesondere bei einer schlagenden mobilen Werkzeugmaschine können somit die durch die Schläge ausgelösten Beschleunigungen gemessen werden.

**[0008]** Die gemessenen Beschleunigungen können auch in Bezug zur Tätigkeit der mobilen Werkzeugmaschine, insbesondere in Bezug auf die Schlagtätigkeit, stehen.

**[0009]** Besonders bevorzugt kann die Bestimmung der Eigenschaft in Form einer Klassifikation erfolgen. Dadurch lassen sich Störeinflüsse, beispielsweise durch andere Effekte wie unterschiedliche Untergründe oder dergleichen, minimieren.

**[0010]** Die Klassifikation kann beispielsweise die Klassen "Bohrwerkzeug" und "Meißelwerkzeug" umfassen. Die Klassifikation kann sich somit auf die Art des Werkzeugs beziehen.

**[0011]** Bei einer auf einen Verschleiß bezogenen Eigenschaft kann die Klassifikation die Klassifikationsstufen "funktionstüchtig" und "nicht funktionstüchtig" umfassen.

**[0012]** Bezieht sich die Eigenschaft auf eine Größe des Werkzeugs, kann die Klassifikation als Klassifikationsstufen beispielsweise "klein", "mittel" und / oder "groß" umfassen. Eine solche Angabe der Größe kann sich insbesondere auf einen Durchmesser des Werkzeugs beziehen.

**[0013]** Denkbar ist, dass zur Bestimmung der Eigenschaft ein trainierbarer Klassifikator verwendet wird. Der trainierbare Klassifikator kann beispielsweise eine Support Vector Machine (im Folgenden: SVM), ein neuronales Netz, eine Hauptkomponentenanalyseeinheit oder dergleichen sein und / oder umfassen.

**[0014]** Besonders bevorzugt können wenigstens zwei verschiedene Eigenschaften des Werkzeugs parallel bestimmt werden. Durch eine solche mehrfache Nutzung derselben Beschleunigungsdaten lässt sich der Herstellungsaufwand für die mobile Werkzeugmaschine reduzieren. So ist denkbar, parallel die Art des Werkzeugs und seine Größe anhand derselben Beschleunigungsdaten zu bestimmen. Sensoren zur separaten Bestimmung dieser Eigenschaften können somit zumindest teilweise eingespart werden.

**[0015]** Zur Optimierung der Steuerung eines Arbeitsprozesses, beispielsweise eines Bohrvorgangs, der mobilen Werkzeugmaschine kann die wenigstens eine Eigenschaft der Art des Werkzeugs und / oder der Größe, insbesondere einem Durchmesser, des Werkzeugs entsprechen.

**[0016]** Zur Verbesserung der Genauigkeit der Bestimmung, also der Messgenauigkeit, der Eigenschaft kann zusätzlich zu den gemessenen Beschleunigungen noch wenigstens ein weiteres Messdatum verwendet werden. Insbesondere können zur Bestimmung der Eigenschaft ein Phasenwinkel und / oder eine Phasengeschwindigkeit verwendet werden. Der Phasenwinkel und / oder die Phasengeschwindigkeit können sich dabei beispielsweise auf eine Stellung bzw. eine Geschwindigkeit eines Motors und / oder eines Exzentrers der mobilen Werkzeugmaschine beziehen.

**[0017]** Auch ist denkbar, aus den gemessenen Beschleunigungen und / oder aus der Stromaufnahme und / oder der Spannung des Motors Informationen über den Untergrund oder weitere Kennwerte über das Werkzeug zu ermitteln.

**[0018]** Alternativ und / oder ergänzend kann auch eine Benutzereingabe bei der Bestimmung berücksichtigt werden. Weist beispielsweise die mobile Werkzeugmaschine einen Moduswahlschalter zur Auswahl einer zu erzeugenden Bewegung auf, durch den ein Benutzer beispielsweise zwischen einer rotierenden oder einer nicht-rotierenden und / oder zwischen einer schlagenden oder einer nicht-schlagenden Bewegung auswählen kann, so kann die Stellung des Schalters abgefragt werden. Je nach Stellung des Schalters kann dann beispielsweise die Bestimmung der Eigenschaft auf

eine Vorauswahl möglicher Werte beschränkt werden. Ist beispielsweise eine rotierende Bewegung ausgewählt, so können sich die Bestimmung beispielsweise der Art des Werkzeugs auf Klassifikationsstufen von nichtrotierenden Werkzeugen, beispielsweise Meißeln, beschränken.

**[0019]** Alternativ oder ergänzend kann auch die Art und Weise der Auswertung je nach Benutzereingabe und / oder je nach Stellung des Moduswahlschalters variieren. Erfolgt die Auswertung mittels eines trainierbaren Klassifikators, so können je Benutzereingabe und / oder je nach Stellung des Moduswahlschalters unterschiedlich trainierte Klassifikatoren verwendet werden. Beispielsweise können dazu Gewichte eines auf einem neuronalen Netz basierenden trainierbaren Klassifikators ausgewählt und / oder geändert werden.

**[0020]** Auch hierdurch ist es denkbar, die Schätzgenauigkeit der hierzu bestimmenden Eigenschaften weiter zu verbessern.

**[0021]** Dazu kann die mobile Werkzeugmaschine einen Sensor zur Detektion der Benutzereingabe und / oder der Stellung des Moduswahlschalters und / oder eines anderen Bedienelements der mobilen Werkzeugmaschine aufweisen.

**[0022]** In den Rahmen der Erfindung fällt des Weiteren **eine mobile Werkzeugmaschine**, umfassend einen Elektromotor, einen Werkzeughalter, in den ein Werkzeug aufnehmbar ist, und einen Beschleunigungssensor, wobei die mobile Werkzeugmaschine eingerichtet ist, eine Eigenschaft des Werkzeugs gemäß dem vorangehend beschriebenen Verfahren zu bestimmen. Die mobile Werkzeugmaschine kann insbesondere als Bohrhammer oder als Schlagbohrer ausgebildet sein und / oder einen solchen umfassen. Besonders bevorzugt kann der Beschleunigungssensor eingerichtet sein, wenigstens eine Längsbeschleunigung zu erfassen.

**[0023]** Die mobile Werkzeugmaschine kann ein Maschinengehäuse umfassen. Der Beschleunigungssensor kann eingerichtet sein, eine Beschleunigung des Maschinengehäuses zu erfassen. Der Beschleunigungssensor kann auch eingerichtet sein, Beschleunigungen in wenigstens zwei, besonders bevorzugt in drei, verschiedenen Richtungen zu messen.

**[0024]** Der Werkzeughalter kann ausgebildet sein, das Werkzeug längs einer Arbeitsachse der mobilen Werkzeugmaschine zu führen. Die Arbeitsachse kann eine Längsachse des Werkzeugs und / oder der Werkzeugmaschine sein.

**[0025]** Die mobile Werkzeugmaschine kann ein Schlagwerk aufweisen. Der Elektromotor kann eingerichtet sein, das Schlagwerk anzutreiben. Der Antrieb kann über einen Exzenter erfolgen. Das Schlagwerk kann ein pneumatisches Schlagwerk sein.

**[0026]** Die mobile Werkzeugmaschine kann eine Auswertungseinheit zum Bestimmen der Eigenschaft umfassen.

**[0027]** Besonders bevorzugt kann die mobile Werkzeugmaschine eine Bohrmaschine, eine Meißelmaschine, eine Sägemaschine und / oder eine Schleifmaschine sein und / oder eine solche umfassen. Bei derartigen mobilen Werkzeugmaschinen kann sich die Kenntnis der Eigenschaft des Werkzeugs besonders günstig auf die Qualität des Arbeitsergebnisses auswirken.

**[0028]** Bei einer Klasse von Ausführungsform der Erfindung kann die mobile Werkzeugmaschine als Handwerkzeugmaschine ausgebildet sein. Sie kann ein Elektrowerkzeug sein. Als Handwerkzeugmaschine kann sie mit einem Handgriff ausgestattet sein. Sie kann tragbar sein. Beispielsweise kann sie ein Gewicht von weniger höchstens 10 kg aufweisen.

**[0029]** Besondere Vorteile ergeben sich, wenn die mobile Werkzeugmaschine als Bauroboter ausgebildet ist. Von einem Bauroboter wird oftmals gewünscht, dass er möglichst unterschiedliche Bauarbeiten mit einem möglichst hohen Autonomiegrad selbsttätig ausführen kann.

**[0030]** Um diesen Anforderungen gerecht werden zu können, ist es daher vorteilhaft, wenn die als Bauroboter ausgebildete mobile Werkzeugmaschine selbsttätig Eigenschaften wie beispielsweise Art und Größe des verwendeten Werkzeugs bestimmen kann. Sie kann dann selbsttätig ermitteln, ob das beispielsweise im Werkzeughalter der mobilen Werkzeugmaschine aufgenommene Werkzeug geeignet für eine jeweils anstehende Bauarbeit ist oder nicht. Dies gilt umso mehr, wenn der Bauroboter zur Ausführung von Bauarbeiten im Hochbau, Tiefbau und / oder im Fertigbau ausgebildet ist.

**[0031]** Besonders bevorzugt kann die mobile Werkzeugmaschine eine Kommunikationsschnittstelle zur Datenübertragung mit wenigstens einer entfernten Rechneinheit aufweisen. Die Kommunikationsschnittstelle kann insbesondere zur drahtlosen Datenübertragung eingerichtet sein. Die Kommunikationsschnittstelle kann insbesondere eingerichtet sein, wenigstens einen Wert einer bestimmten Eigenschaft zu übertragen. Alternativ oder ergänzend kann die Kommunikationsschnittstelle eingerichtet sein, Daten und / oder Programmcode von der entfernten Rechneinheit zu empfangen. Denkbar ist insbesondere, dass Kalibrierungsdaten, beispielsweise zur Kalibrierung der Bestimmung der Eigenschaft des Werkzeugs, mittels der Kommunikationsschnittstelle empfangbar sind. Somit lässt sich auch noch nachträglich nach Auslieferung der mobilen Werkzeugmaschine die Bestimmung der Eigenschaft, beispielsweise aufgrund verbesserter Trainingsdaten, weiter verbessern.

**[0032]** Denkbar ist auch, dass auf der entfernten Rechneinheit Nutzungsdaten, insbesondere Daten zu den bestimmten Eigenschaften des Werkzeugs gesammelt und ausgewertet werden. Auch dadurch lassen sich Bauaufgaben verbessert steuern.

**[0033]** Die Auswertung der Messdaten, insbesondere der Beschleunigungen, kann innerhalb der mobilen Werkzeugmaschine und / oder außerhalb erfolgen. Insbesondere im Falle einer als Bauroboter ausgebildeten mobilen Werkzeug-

maschine ist denkbar, dass eine Werkzeugmaschine, beispielsweise eine Bohrvorrichtung, an einem Arbeitsarm der mobilen Werkzeugmaschine angeordnet ist, und die Auswertung in einer von der Werkzeugmaschine separierten Rech-  
nereinheit erfolgt. Die Rechereinheit kann dann Teil der mobilen Werkzeugmaschine, d. h. des Bauroboters, sein und  
/ oder Teil eines entfernten Rechnersystems, beispielsweise eines Cloud-basierten Rechnersystems.

**[0034]** Vorzugsweise kann der Beschleunigungssensor in der Nähe der Arbeitsachse und / oder der Längsachse der  
Werkzeugmaschine angeordnet sein. Der Abstand zu der Arbeitsachse und / oder der Längsachse kann vorzugsweise  
weniger als 10 cm betragen. Insbesondere kann der Abstand höchstens 3 cm, beispielsweise 2,5 cm, betragen. Dazu  
kann der Beschleunigungssensor an einem Getriebegehäuse angeordnet sein. Er kann insbesondere außerhalb einer  
sonstigen Werkzeugmaschinenelektronik angeordnet sein, um möglichst starken zu messenden Beschleunigungen  
beziehungsweise Vibrationen ausgesetzt zu sein.

**[0035]** Die Bandbreite der Vibrationen kann mindestens 500 Hz, besonders bevorzugt mindestens 900 Hz betragen.

**[0036]** Der Beschleunigungssensor kann einen MEMS- (mikro-elektromechanisches System)-Sensor umfassen und  
/ oder ein solcher sein.

**[0037]** Abhängig von der bestimmten Eigenschaft des Werkzeugs kann die mobile Werkzeugmaschine gesteuert  
werden. Beispielsweise kann die mobile Werkzeugmaschine eingerichtet sein, eine Leistungsabgabe und / oder Schla-  
genenergie je nach bestimmter Art und / oder Größe des Werkzeugs einzustellen.

**[0038]** Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung  
von Ausführungsbeispielen der Erfindung, anhand der Figuren der Zeichnung, die erfindungswesentliche Einzelheiten  
zeigt, sowie aus den Ansprüchen. Die dort gezeigten Merkmale sind nicht notwendig maßstäblich zu verstehen und  
derart dargestellt, dass die erfindungsgemäßen Besonderheiten deutlich sichtbar gemacht werden können. Die ver-  
schiedensten Merkmale können je einzeln für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen bei Varianten der  
Erfindung verwirklicht sein.

**[0039]** In der schematischen Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt und in der nachfolgenden  
Beschreibung näher erläutert.

**[0040]** Es zeigen:

Fig. 1 eine als Handwerkzeugmaschine ausgebildete mobile Werkzeugmaschine mit einem Werkzeug,

Fig. 2 eine als Bohrbauroboter ausgebildete mobile Werkzeugmaschine,

Fig. 3 und Fig. 4 je ein Beschleunigungsmessdiagramm und

Fig. 5 ein Flussdiagramm eines Verfahrens zur Bestimmung einer Eigenschaft eines Werkzeugs.

**[0041]** In der nachfolgenden Beschreibung der Figuren werden zur Erleichterung des Verständnisses der Erfindung  
für gleiche oder sich funktional entsprechende Elemente jeweils die gleichen Bezugszeichen verwendet.

**[0042]** **Fig. 1** zeigt als Beispiel einer als Handwerkzeugmaschine ausgebildeten mobilen Werkzeugmaschine **1** sche-  
matisch einen Bohrhämmer. Der beispielhafte Bohrhämmer hat einen Werkzeughalter **2**, in welchen ein Werkzeug **3**  
eingesetzt und verriegelt werden kann. Das Werkzeug **3** ist beispielsweise ein Bohrer, ein Meißel oder dergleichen. Die  
beispielhaft dargestellte Ausführungsform kann den Werkzeughalter **2** um eine Arbeitsachse **4** drehen. Sie kann zugleich  
periodisch Schläge auf das Werkzeug **3** längs der Arbeitsachse **4** ausüben. Die mobile Werkzeugmaschine **1** kann einen  
Moduswahlschalter **5** aufweisen, welcher einem Benutzer der mobilen Werkzeugmaschine **1** ermöglicht, selektiv die  
Drehbewegung und selektiv den schlagenden Betrieb zu aktivieren oder zu deaktivieren.

**[0043]** Die mobile Werkzeugmaschine **1** hat einen Handgriff **7**. Der Benutzer kann die mobile Werkzeugmaschine **1**  
während des Betriebs mit dem Handgriff **7** halten und führen. Vorzugsweise ist ein Betriebstaster **6** an dem Handgriff  
**7** derart angebracht, dass der Benutzer den Betriebstaster **7** mit der den Handgriff **6** greifenden Hand betätigen kann.  
Der Handgriff **6** kann von einem Maschinengehäuse **8** über Dämpfelemente entkoppelt sein. Die mobile Werkzeugma-  
schine **1** wird durch den Betriebstaster **7** ein- und ausgeschaltet. Der Betriebstaster **7** ist in dem Handgriff **6** angeordnet.  
Der Benutzer kann den Betriebstaster **7** vorzugsweise mit der den Handgriff **6** haltenden Hand betätigen.

**[0044]** Die mobile Werkzeugmaschine **1** hat einen Drehantrieb **9**, welcher mit dem Werkzeughalter **2** gekoppelt ist.  
Der Drehantrieb **9** kann unter anderem ein untersetzendes Getriebe **10** und / oder eine Rutschkupplung **11** aufweisen.  
Eine Abtriebswelle **12** des Drehantriebs **9** ist an den Werkzeughalter **2** angebunden. Der Drehantrieb **9** ist an einen  
Elektromotor **13** gekoppelt. Der Benutzer kann den Elektromotor **13** durch Betätigen des Betriebstasters **7** ein- und  
ausschalten, wobei der Betriebstaster **7** entsprechend eine Stromversorgung des Elektromotor **13** steuert. In dieser  
Ausführungsform kann eine Drehzahl des Elektromotors **13** durch den Benutzer mithilfe des Betriebstasters **7** eingestellt  
werden.

**[0045]** Die mobile Werkzeugmaschine **1** hat ein, insbesondere pneumatisches, Schlagwerk **14**. Das Schlagwerk **14**  
hat einen Erregerkolben **15** und einen Schlagkolben **16**. Der Erregerkolben **15** ist bei einer einem schlagenden Betrieb  
entsprechenden Stellung des Moduswahlschalters **5** an den Elektromotor **13** angekoppelt. Da der Erregerkolben **15** mit  
dem Elektromotor **13** gekoppelt ist, bewegt sich der Erregerkolben **15** sobald sich der Elektromotor **13** dreht, d.h. wenn  
der Benutzer den Betriebstaster **7** betätigt. Das Verhältnis der Drehzahl des Elektromotors **13** zu der Periodizität der

Bewegung des Erregerkolbens 15 ist durch die Getriebekomponenten in dem Antriebsstrang zwischen Elektromotor 13 und Erregerkolben 15 vorgegeben. Beispielhafte Getriebekomponenten sind ein Exzentrerrad 17 und ein Pleuel 18, welche die Rotationsbewegung des Elektromotors 13 in eine translatorische Bewegung auf der Arbeitsachse 4 transformieren. Der Erregerkolben 15 und der Schlagkolben 16 schließen zwischen einander eine pneumatische Kammer 19 ab. Ein radialer Abschluss der pneumatischen Kammer 19 ist bei der dargestellten Ausführungsform durch ein Führungsrohr 20 gegeben, welches zugleich den Erregerkolben 15 und den Schlagkolben 16 führt. Die in der pneumatischen Kammer 19 eingeschlossene Luft wird durch den Erregerkolben 15 komprimiert und dekomprimiert. Die pneumatische Kammer 19 kann insoweit eine Luftfeder bilden. Die Druckwechsel koppeln den Schlagkolben 16 an die Bewegung des Erregerkolbens 15 an.

**[0046]** Bei dieser beispielhaften Ausführungsform schlägt der Schlagkolben 16 bei einer solchen Stellung des Moduswahlschalters 5 mittelbar über einen Döpper 21 auf das Werkzeug 3 auf, sodass das Werkzeug 3 entlang einer Schlagrichtung 22 schlagend angetrieben werden kann.

**[0047]** Die mobile Werkzeugmaschine 1 weist einen Beschleunigungssensor 24 zum Erfassen einer Beschleunigung des Maschinengehäuses 8 auf. Der Beschleunigungssensor 24 ist in dem Maschinengehäuse 8 angeordnet. Die Anordnung ist derart, dass der Beschleunigungssensor 24 vorzugsweise ungedämpft in dem Schlagwerk 14 auftretende Beschleunigungen erfassen kann. Der Beschleunigungssensor 24 ist beispielsweise an einem Schlagwerksgehäuse, z.B. dem Führungsrohr 20 oder einer mit dem Führungsrohr 20 starr verbundenen Komponente angeordnet. Der Beschleunigungssensor 24 ist insbesondere eingerichtet, Beschleunigungen längs der Längsachse 4 und damit parallel zur Schlagrichtung 22 zu messen.

**[0048]** Untersuchungen haben gezeigt, dass der Beschleunigungssensor 24 möglichst nahe zu der Längsachse 4 angeordnet sein sollte. In insbesondere haben sich als vorteilhaft erwiesen, wenn der Beschleunigungssensor 24 innerhalb von 25 mm von der Längsachse 4 entfernt angeordnet ist.

**[0049]** Die mobile Werkzeugmaschine 1 umfasst ferner einen Phasenwinkelsensor 28 zum Erfassen eines Phasenwinkels des Erregerkolbens 15.

**[0050]** Der Phasenwinkelsensor 28 ist beispielsweise ein Winkelsensor, ein optischer Sensor, ein elektrischer Sensor oder dergleichen. Der Phasenwinkelsensor 28 kann beispielsweise an dem Erregerkolben 15, an dem Getriebe 10 oder in den Elektromotor 13 angeordnet sein. Dazu kann der Phasenwinkel beispielsweise mithilfe eines magnetischen Encoders auf der Motorachse des Elektromotors 13 und einem digitalen Hallsensor in der Nähe des Exzentrerrades 17 messen. Im Falle eines bürstenlosen Motors wäre es alternativ oder ergänzend auch denkbar, den Phasenwinkelsensorlos oder mithilfe eines geeigneten Hallensors zu erfassen.

**[0051]** Ferner weist die mobile Werkzeugmaschine eine Auswertungseinheit 30 auf. Die Auswertungseinheit ist datentechnisch mit dem Beschleunigungssensor 24 und dem Phasenwinkelsensor 28 verbunden. Insbesondere ist sie als Microcontroller ausgebildet. Sie weist dazu eine Prozessoreinheit, einen flüchtigen Speicher und einen nichtflüchtigen, vorzugsweise programmierbaren und reprogrammierbaren, Speicher auf. Im nichtflüchtigen Speicher ist Programmcode abrufbar und auf der Prozessoreinheit ausführbar abgelegt.

**[0052]** Durch den Programmcode in Verbindung mit der übrigen Auswertungseinheit 30, insbesondere mit der Prozessoreinheit, ist ein trainierbarer Klassifikator, in diesem Ausführungsbeispiel in Form einer SVM, ausgebildet.

**[0053]** Mithilfe der Auswertungseinheit 30 ist die mobile Werkzeugmaschine 1 eingerichtet, aus den durch den Beschleunigungssensor 24 gemessenen Beschleunigungen und den durch den Phasenwinkelsensor 28 gemessenen Phasenwinkeln als Eigenschaften des Werkzeugs 3 die Art des Werkzeugs 3 sowie dessen Größe zu bestimmen. Insbesondere ist die Auswertungseinheit eingerichtet, zwischen den Klassifikationsstufen "Bohrwerkzeug" und "Meißelwerkzeug" zu unterscheiden. Sie ist ferner eingerichtet, zwischen den Klassifikationsstufen "klein", "mittel" und "groß" in Bezug auf einen Durchmesser des Werkzeugs 3 zu unterscheiden.

**[0054]** Die mobile Werkzeugmaschine 1 weist des Weiteren eine Kommunikationsschnittstelle 31 auf. Die Kommunikationsschnittstelle 31 kann beispielsweise als drahtlose Kommunikationsschnittstelle eingerichtet sein. Sie ist eingerichtet, Daten an eine entfernte Rechneinheit zu senden. Vorzugsweise ist sie eingerichtet, die jeweils bestimmte Art und die jeweils bestimmte Größe an die entfernte Rechneinheit zu übermitteln. Sie kann auch eingerichtet sein, die Messdaten des Beschleunigungssensors 24 und / oder des Phasenwinkelsensors 28 an die entfernte Rechneinheit zu übermitteln.

**[0055]** Fig. 2 zeigt einen Bohrbaurobter 110 mit einem als Kettenfahrwerk ausgebildeten Fahrwerk 112, einem in einem Gehäuse 114 ausgebildeten Stellerraum 116 und einem oberseitig des Gehäuses 114 angeordneten Manipulator 118. Der Manipulator 118 ist als multiaxial steuerbarer Arm ausgebildet, an dessen freien Ende ein Endeffektor 120 eine Werkzeugmaschine 122 und vorzugsweise eine Staubabsaugungsvorrichtung 124 angeordnet sind.

**[0056]** Die Werkzeugmaschine 122 ist baugleich zu der vorangehend beschriebenen mobilen Werkzeugmaschine 1 (siehe Fig. 1).

**[0057]** Somit bildet der Bohrbaurobter 110 als Ganzes ebenfalls eine mobile Werkzeugmaschine, insbesondere zur Ausführung von Bohraufgaben.

**[0058]** Der Bohrbaurobter 110 ist zur Ausführung von Bauaufgaben, insbesondere von Bohrarbeiten in Decken und

/ oder Wänden, auf einer Baustelle, beispielsweise auf einer Hochbaubaustelle, ausgebildet.

**[0059]** Um eine exakte Position und Lage des Manipulators 118 bestimmen zu können, ist eine Positionsdetektionseinheit 136 am Endeffektor 120 ausgebildet.

**[0060]** Neben dem Manipulator 118 zur Ausführung der dem Bohrbauroboter 110 zugeordneten Bauaufgaben, weist er eine innerhalb des Gehäuses 114, insbesondere im Steuerraum 116, angeordnete Rechneinheit 126 auf. Die Rechneinheit 126 umfasst eine Speichereinheit 128.

**[0061]** Die Rechneinheit 126 ist mit ausführbarem Programmcode ausgestattet, sodass mittels der Rechneinheit 126 ein internes Bauaufgabenverwaltungssystem 129 mit einer internen Bauaufgabenliste 130, die ein oder mehrere vom Bohrbauroboter 110 auf der Baustelle auszuführende Bauaufgaben umfasst, ausgebildet ist. Die interne Bauaufgabenliste 130 ist dazu in der Speichereinheit 128 abrufbar gespeichert.

**[0062]** Die Rechneinheit 126 und damit der Bohrbauroboter 110 weisen ferner eine Kommunikationsschnittstelle 132 zur Kommunikation mit einem externen Bauaufgabenverwaltungssystem auf, wobei das externe Bauaufgabenverwaltungssystem eingerichtet ist, eine externe Bauaufgabenliste abrufbar zu speichern, wobei die externe Bauaufgabenliste ein oder mehrere auf der Baustelle auszuführende Bauaufgaben umfasst, wobei der Bohrbauroboter 110 eingerichtet ist, über die Kommunikationsschnittstelle 132 wenigstens eine Bauaufgabe und / oder einen Bauaufgabenzustand einer Bauaufgabe der internen Bauaufgabenliste 130 an das externe Bauaufgabenverwaltungssystem zu senden.

**[0063]** Die Kommunikationsschnittstelle 132 weist eine Mobilfunkschnittstelle nach dem 4G- oder dem 5G-Standard, eine WLAN-Schnittstelle, eine Bluetooth-Schnittstelle und / oder eine USB-Schnittstelle zur Datenübertragung mittels tragbarer USB-Speichereinheiten, auf.

**[0064]** Da die Rechneinheit 126, die Speichereinheit 128, das interne Bauaufgabenverwaltungssystem 129, die interne Bauaufgabenliste 130 sowie die Kommunikationsschnittstelle 132 im Steuerraum 116 und damit innerhalb des Gehäuses 114 angeordnet sind, sind diese einschließlich dem Steuerraum 116 in Fig. 2 sowie schematisch dargestellt.

**[0065]** Die Kommunikationsschnittstelle 132 des Bohrbauroboters 110 ist insbesondere eingerichtet, mit der Kommunikationsschnittstelle 31 (siehe Fig. 1) der Werkzeugmaschine 122 zu kommunizieren. Somit kann die Rechneinheit 126 insbesondere Daten zu der jeweils bestimmten Art und der jeweils bestimmten Größe des jeweils in der Werkzeugmaschine 122 befindlichen Werkzeugs 3 (Fig. 1) erhalten.

**[0066]** Durch Abgleich dieser Daten mit der jeweils zu erledigen Bauaufgabe ist die Rechneinheit 132, insbesondere ihr Programmcode, eingerichtet zu prüfen, ob das jeweils in die Werkzeugmaschine 122 aufgenommene Werkzeug 3 für die jeweilige Bauaufgabe geeignet ist.

**[0067]** Ist das Werkzeug 3 ungeeignet, wird dies auf einer Anzeigeeinheit 134 einem Benutzer des Bohrbauroboters 110 signalisiert.

**[0068]** Die Anzeigeeinheit 134 ist als Touchscreen ausgebildet. Die Anzeigeeinheit 134 bildet auch eine Eingabeeinheit zur manuellen Dateneingabe durch einen Benutzer des Bauroboters 110. Insbesondere ist die Anzeigeeinheit 134 in Verbindung mit der Rechneinheit 126 und dem internen Bauaufgabenverwaltungssystem 129 eingerichtet, die in der internen Bauaufgabenliste 130 enthaltenen Bauaufgaben einschließlich der den Bauaufgaben zugeordneten Bauaufgabenzustände grafisch anzuzeigen.

**[0069]** Alternativ oder ergänzend kann der Bohrbauroboter 110 einen Werkzeugspeicher mit mehreren Werkzeugen umfassen, sodass der Bohrbauroboter 110 das Werkzeug 3 gegen ein geeignetes Werkzeug selbsttätig austauschen kann.

**[0070]** Fig. 3 und Fig. 4 zeigen Zeitreihen von mithilfe des Beschleunigungssensors 24 (Fig. 1) gemessenen Beschleunigungen. Insbesondere zeigen Fig. 3 und Fig. 4 Diagramme der gemessenen Beschleunigungen, aufgetragen über den jeweils gemessenen Phasenwinkel.

**[0071]** Der Phasenwinkel ist in Form von Indexschritten gemessen. Indexschritt 259 entspricht dabei einer vollen Umdrehung (360°). Fig. 3 stammt aus Messungen mit einem Bohrer mit 30 mm Durchmesser als Werkzeug 3. Fig. 4 stammt aus Messungen mit einem Polygonmeißel mit 280 mm Länge.

**[0072]** Zwischen den beiden Zeitreihen zeigen sich erhebliche Unterschiede, insbesondere ab Indexposition 100, d. h. nahe am Maximum der Luftfeder, und ab Indexposition 179, d. h. nach erfolgtem Rückprall.

**[0073]** Fig. 5 zeigt im Detail ein Verfahren 1000 zur Bestimmung einer Eigenschaft eines in einer Werkzeugmaschine 122 (Fig. 2) bzw. 1 (Fig. 1) aufgenommenen Werkzeugs 3 (Fig. 1). Das Verfahren wird am beispielhaft für die Art des Werkzeugs 3 als zu bestimmende Eigenschaft näher erläutert. Für andere zu bestimmende Eigenschaften, beispielsweise eine Größe des Werkzeugs 3, insbesondere sein Durchmesser, wird es analog verwendet.

**[0074]** In einem ersten Schritt 1010 werden innerhalb eines Zeitfensters Beschleunigungen und die zugehörigen Phasenwinkel mithilfe der jeweiligen Sensoren, insbesondere dem Beschleunigungssensor 24 (Fig. 1) und dem Phasenwinkelsensor 28, gemessen. Bei der hier dargestellten Variante des Verfahrens 1000 werden die Beschleunigungen mit einer konstanten Winkel-Schrittweite umgesetzt.

**[0075]** In einem nachfolgenden Schritt 1020 werden die in dem Zeitfenster aufgezeichneten Daten umgerechnet und damit auf die entsprechenden Phasenwinkel reindexiert.

**[0076]** Für jede einzelne Umdrehung wird nun in einem Schritt 1030 mithilfe der Auswertungseinheit 30 (Fig. 1),

insbesondere die durch diese ausgebildete und vorab trainierte SVM, und basierend auf den gemessenen Beschleunigungsdaten für jeden Phasenwinkel innerhalb der jeweiligen Umdrehung eine Werkzeugart, also Meißelwerkzeug oder Bohrwerkzeug, bestimmt. Zur Steigerung der Trefferquote wird zusätzlich die Geschwindigkeit des Elektromotors 13 berücksichtigt.

[0077] In einem abschließenden Schritt 1040 wird nun der mathematische Modus aus den Anzahlen der unterschiedlichen Klassifikationen ermittelt. Der sich ergebende Modus ergibt dann für das jeweilige Zeitfenster die jeweilige, zu bestimmende Art des verwendeten Werkzeugs 3. Im sehr seltenen Fall einer multimodalen Häufigkeitsverteilung werden die in dem Zeitfenster erfassten Daten verworfen und ein nachfolgendes Zeitfenster zur Auswertung herangezogen.

[0078] Ein Zeitfenster kann dabei beispielsweise 5 Sekunden umfassen.

[0079] Um eine ausreichende Trefferquote im Schritt 1030 zu erreichen, wird vor einer erstmaligen Durchführung des Verfahrens 1000, d. h. vor einer erstmaligen Bestimmung der jeweiligen Eigenschaft des Werkzeugs 3 der durch die Auswertungseinheit 30 gebildete trainierbare Klassifikator, in diesem Ausführungsbeispiel also die SVM, trainiert.

[0080] Es hat sich gezeigt, dass je zu trainierendem Werkzeug 3 ein Training mit höchstens 10 Minuten, bevorzugt höchstens 5 Minuten, Dauer genügt. Während eines solchen Trainings benutzt ein Benutzer die mobile Werkzeugmaschine 1 mit dem Werkzeug 3. Währenddessen variiert er, insbesondere unabhängig von der Geschwindigkeit des Elektromotors 13, die Anpresskraft, mit der er das Werkzeug 3 gegen einen Untergrund presst, in einem möglichst weiten Bereich. Als Untergrund kann vorzugsweise ein dem späteren Einsatz des Werkzeugs 3 entsprechender Untergrund verwendet werden. Alternativ oder ergänzend können auch mehrere Trainingsreihen mit unterschiedlichen Untergründen durchgeführt werden.

[0081] Während des jeweiligen Trainings werden Beschleunigungen und zugehörige Phasenwinkel als Zeitreihen aufgezeichnet.

[0082] Für jede Klasse innerhalb der zu klassifizierende Eigenschaft werden auf diese Weise Trainingsdaten für mindestens ein Werkzeug, bevorzugt für mehrere, in die jeweilige Klasse fallender Werkzeuge, gesammelt.

[0083] Anstelle eines menschlichen Benutzers kann dieses Training bevorzugt auch mithilfe des Bohrbauroboters 110 (Fig. 2) erfolgen.

[0084] Anschließend kann die Auswertungseinheit 30, insbesondere die durch diese ausgebildete SVM, mit den gesamten gesammelten Trainingsdaten in Verbindung mit den tatsächlichen Eigenschaftswerten der jeweiligen Werkzeuge 3 trainiert bzw. kalibriert werden.

[0085] In eigenen Untersuchungen wurde dieses Verfahren auf drei verschiedene Eigenschaften beziehungsweise Klassifikationssysteme angewandt:

1. Bestimmung der Art des Werkzeugs, insbesondere Unterscheidung zwischen Meißelwerkzeug und Bohrwerkzeug;
2. Bestimmung der Größe eines Bohrers, insbesondere Unterscheidung zwischen einem kleinen (12 mm) Bohrer, einem mittelgroßen (25 mm) Bohrer und einem großen (37 mm) Bohrer;
3. Bestimmung einer Art eines Meißels, insbesondere Unterscheidung zwischen einem Spatenmeißel mit 82 mm Länge, einem Spitzmeißel mit 280 mm Länge und einem Flachmeißel mit 25 mm Breite und 500 mm Länge.

[0086] Im ersten Fall konnten in ca. 76 % der einzelnen Umdrehungen beziehungsweise Schläge Werkzeuge 3 korrekt klassifiziert werden, im zweiten Fall in ca. 78 % und im dritten Fall in ca. 69 %.

[0087] Über die gesamten jeweiligen Zeitfenster, hier jeweils 5 Sekunden, hinweg ergaben sich, beispielsweise im ersten Fall, durchgängig korrekte Klassifikationen.

[0088] Mit anderen Worten kann gemäß der Untersuchungsergebnisse mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit mit dem vorliegenden Verfahren binnen 5 Sekunden beispielsweise zwischen Meißelwerkzeugen und Bohrwerkzeugen unterschieden werden, wenn eine auf ein Zeitfenster bezogene Klassifikation anhand des sich während der einzelnen Durchgänge innerhalb des Zeitfensters von 5 Sekunden oder länger am häufigsten erkannten Werkzeugs erfolgt.

## Patentansprüche

1. **Verfahren** (1000) zur Bestimmung einer Eigenschaft eines in einer mobilen Werkzeugmaschine (1), beispielsweise eine Handwerkzeugmaschine oder ein Bohrbauroboter (110), aufgenommenen Werkzeugs (3), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Eigenschaft auf Basis einer oder mehrerer gemessener Beschleunigungen bestimmt wird.
2. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bestimmung der Eigenschaft in Form einer Klassifikation erfolgt.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens zwei verschiedene Eigenschaften des Werkzeugs (3) parallel bestimmt werden.
- 5 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Eigenschaft einer Art des Werkzeugs (3) entspricht.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Eigenschaft einer Größe, insbesondere einem Durchmesser, des Werkzeugs (3) entspricht.
- 10 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Bestimmung der Eigenschaft eine Phase und / oder eine Phasengeschwindigkeit verwendet wird.
- 15 7. **Mobile Werkzeugmaschine (1)**, umfassend einen Elektromotor (13), einen Werkzeughalter (2), in den ein Werkzeug (3) aufnehmbar ist, und einen Beschleunigungssensor (24), wobei die mobile Werkzeugmaschine (1) eingerichtet ist, eine Eigenschaft des Werkzeugs (3) nach dem Verfahren (1000) nach einem der vorhergehenden Ansprüche zu bestimmen.
- 20 8. Mobile Werkzeugmaschine nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mobile Werkzeugmaschine (1) eine Bohrmaschine, eine Meißelmaschine, eine Sägemaschine und / oder eine Schleifmaschine ist und / oder eine solche umfasst.
9. Mobile Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 7 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mobile Werkzeugmaschine (1) als Handwerkzeugmaschine ausgebildet ist.
- 25 10. Mobile Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 7 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mobile Werkzeugmaschine (1) als Bauroboter, insbesondere zur Ausführung von Bauarbeiten im Hochbau, Tiefbau und / oder im Fertigbau ausgebildet ist.
- 30 11. Mobile Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mobile Werkzeugmaschine (1) eine Kommunikationsschnittstelle (31, 132) zur Datenübertragung mit wenigstens einer entfernten Rechneinheit aufweist.



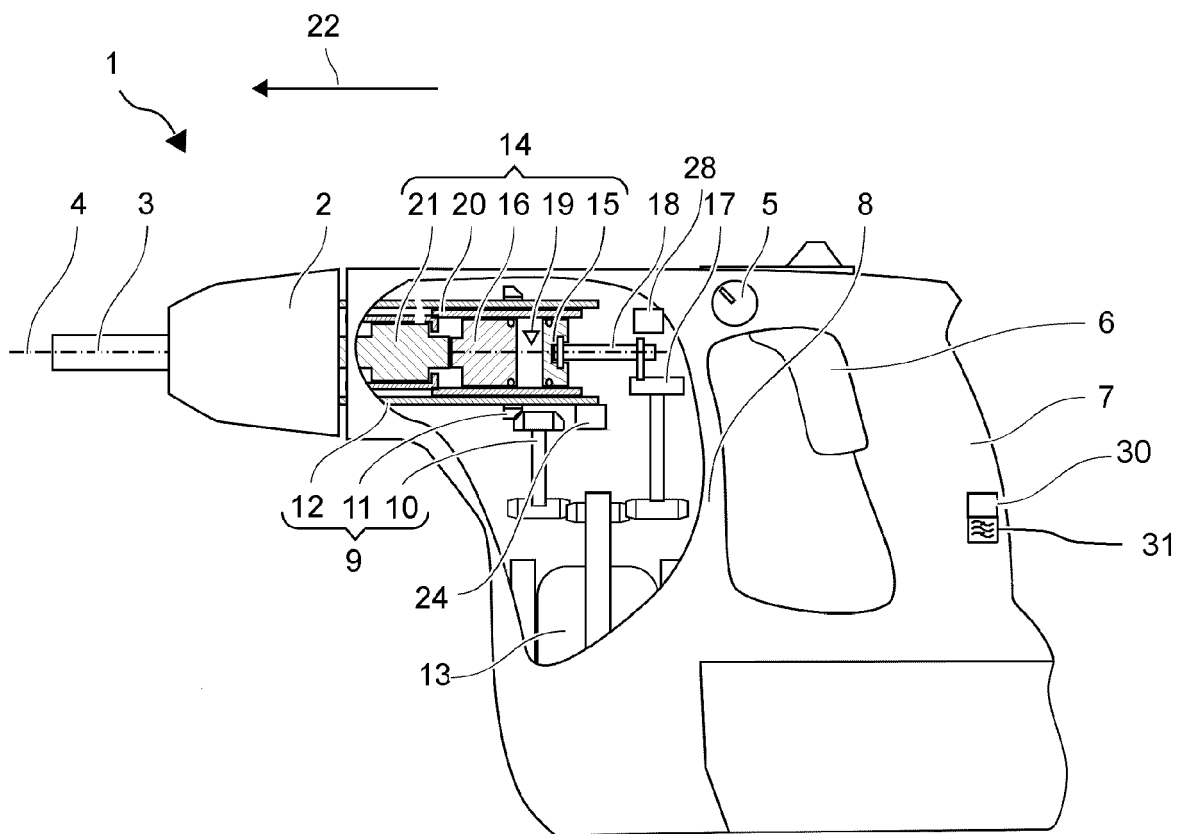


Fig. 1

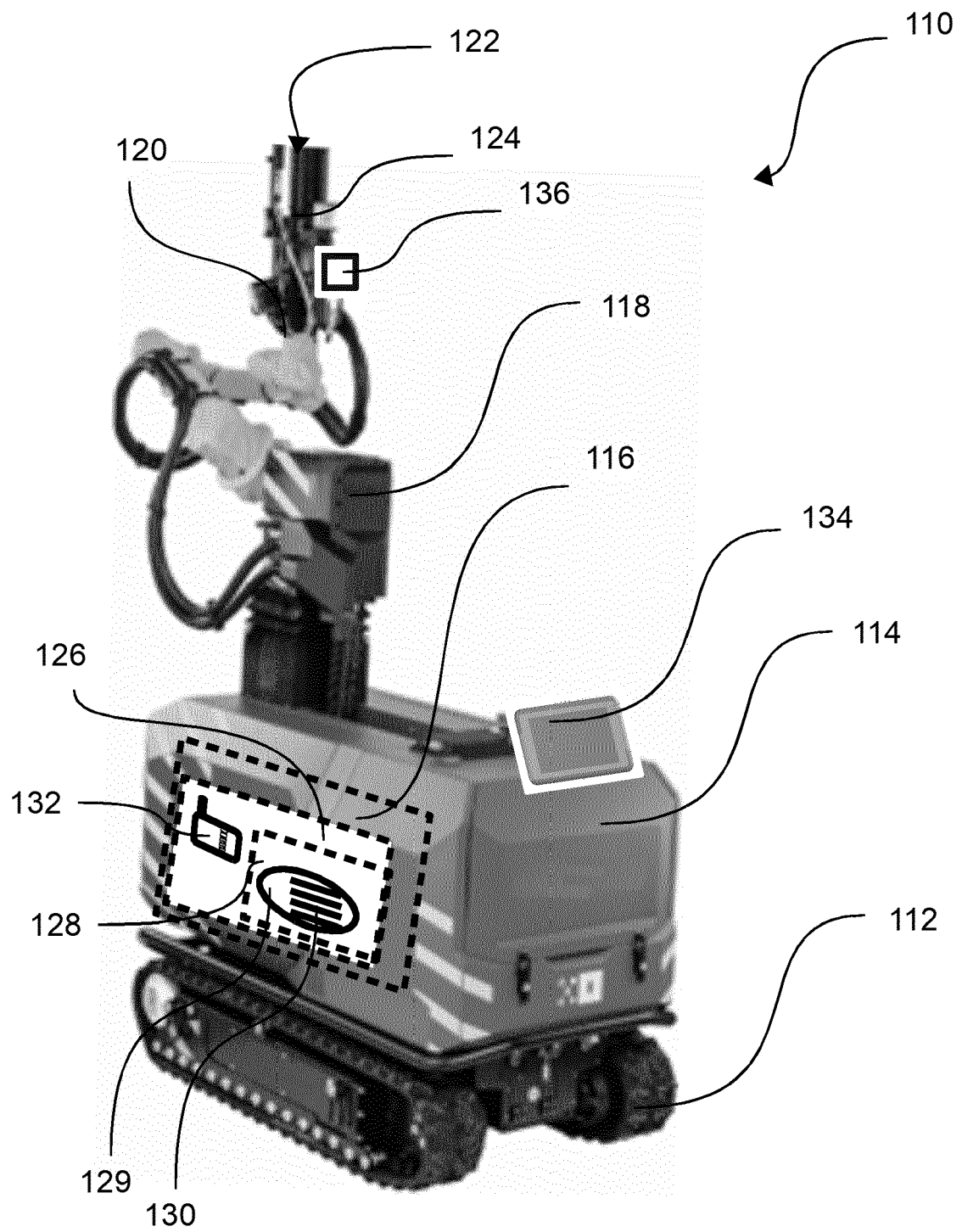
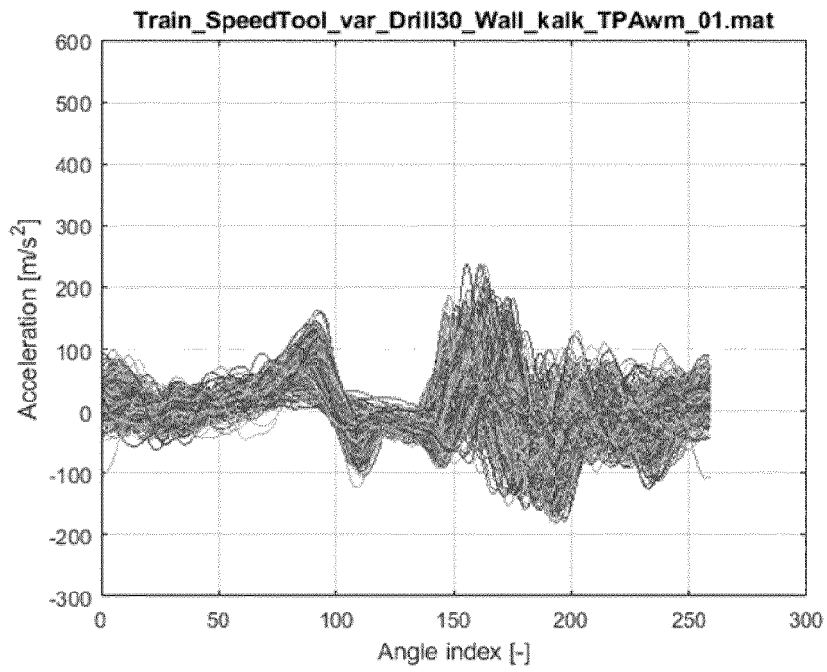
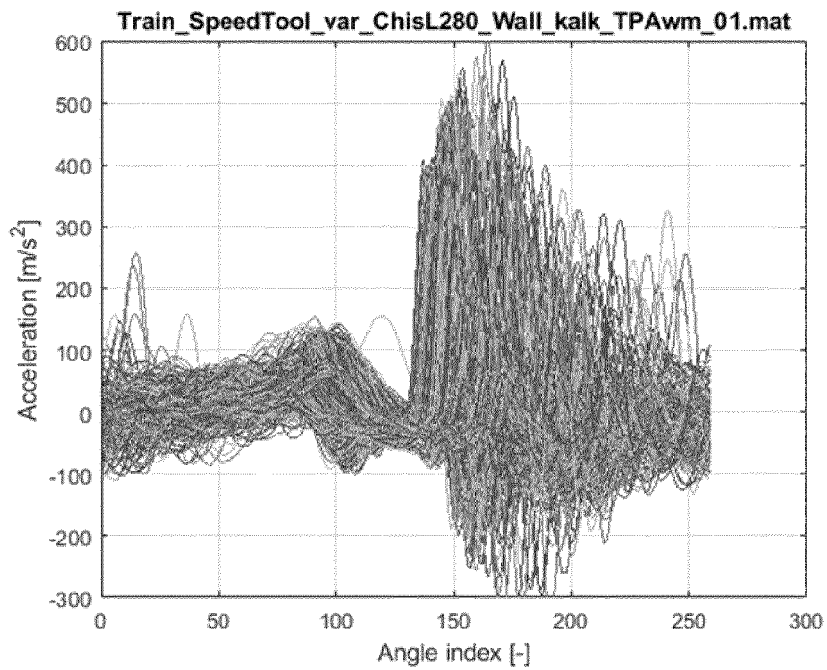


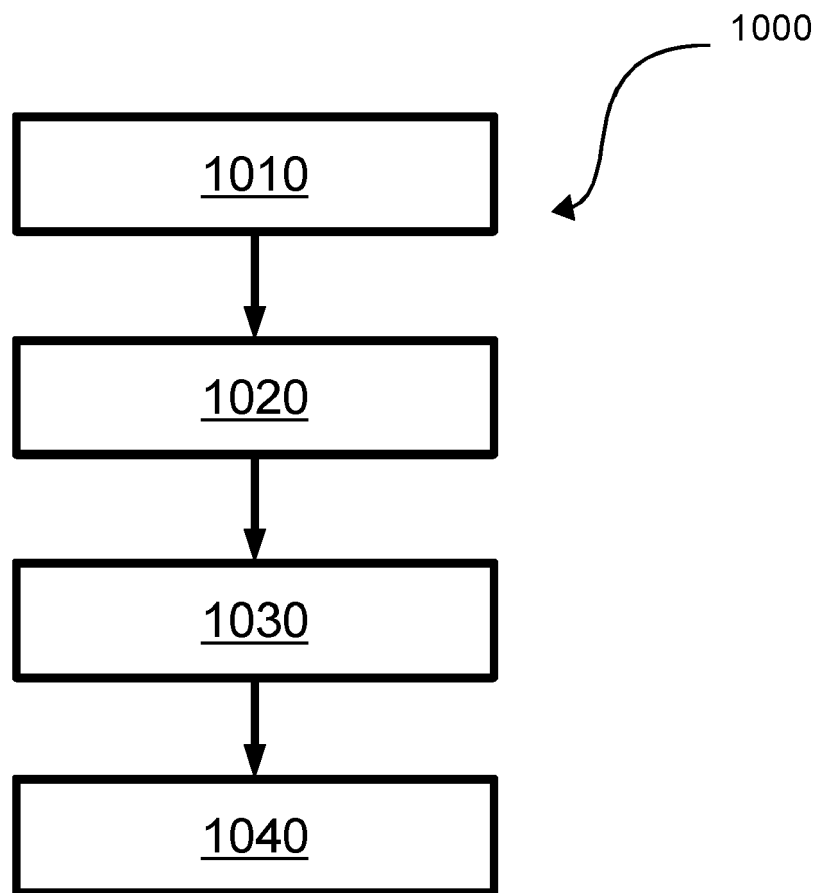
Fig. 2



**Fig. 3**



**Fig. 4**



**Fig. 5**



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 21 17 9075

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2014 209009 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 30. Juli 2015 (2015-07-30)	1,3,5-11	INV. B25F5/00
Y	* Absätze [0016], [0068], [0069]; Abbildung 4 *	2,4	
Y	EP 3 536 461 A1 (STIHL AG & CO KG ANDREAS [DE]) 11. September 2019 (2019-09-11)	2,4	
A	* Absätze [0004], [0054] - [0056], [0130] - [0135]; Abbildungen 1-3 *	1	
A	CN 211 333 061 U (BOSCH POWER TOOLS CHINA CO LTD) 25. August 2020 (2020-08-25) * Abbildungen 1-3 * & DE 10 2020 216556 A1 (BOSCH POWER TOOLS CHINA CO LTD [CN]) 1. Juli 2021 (2021-07-01) * Absätze [0012], [0013]; Abbildung 3 *	1	
A	EP 3 731 160 A1 (WUERTH ADOLF GMBH & CO KG [DE]) 28. Oktober 2020 (2020-10-28) * Absatz [0006] *	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B25F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>Den Haag</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>5. November 2021</b>	Prüfer <b>Verkerk, Ewout</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 21 17 9075

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

05-11-2021

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	DE 102014209009 A1	30-07-2015	CN 106457540 A DE 102014209009 A1 EP 3143689 A1 US 2016375570 A1 WO 2015172901 A1	22-02-2017 30-07-2015 22-03-2017 29-12-2016 19-11-2015
20	EP 3536461 A1	11-09-2019	CN 110235627 A EP 3536461 A1 ES 2855140 T3 US 2019280639 A1	17-09-2019 11-09-2019 23-09-2021 12-09-2019
25	CN 211333061 U	25-08-2020	BR 102020026808 A2 CN 211333061 U DE 102020216556 A1	13-07-2021 25-08-2020 01-07-2021
30	EP 3731160 A1	28-10-2020	EP 3731160 A1 US 2020338679 A1	28-10-2020 29-10-2020
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82