

(19)



(11)

EP 3 946 818 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
25.09.2024 Patentblatt 2024/39

(21) Anmeldenummer: **20710078.5**

(22) Anmeldetag: **02.03.2020**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B25F 5/00 (2006.01) B25B 21/02 (2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B25F 5/00; B25B 21/026; B25B 23/1475

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2020/055397

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2020/193083 (01.10.2020 Gazette 2020/40)

(54) **VERFAHREN ZUR ERKENNUNG EINES ERSTEN BETRIEBSZUSTANDES EINER HANDWERKZEUGMASCHINE**

METHOD FOR DETECTING A FIRST OPERATING STATE OF A HANDHELD POWER TOOL

PROCÉDÉ DE RECONNAISSANCE D'UN PREMIER ÉTAT DE FONCTIONNEMENT D'UNE MACHINE-OUTIL PORTATIVE

(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

(30) Priorität: **25.03.2019 DE 102019204071**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
09.02.2022 Patentblatt 2022/06

(73) Patentinhaber: **Robert Bosch GmbH
70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:
• **WINTERHALTER, Juergen
70191 Stuttgart (DE)**

- **ERBELE, Simon
71154 Nufringen (DE)**
- **ZIBOLD, Tobias
70567 Stuttgart (DE)**
- **MOCK, Stefan
73630 Remshalden (DE)**
- **HERBERGER, Wolfgang
70186 Stuttgart (DE)**
- **SAUR, Dietmar
72116 Moessingen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A1- 1 398 119 EP-A1- 3 381 615
WO-A1-2013/174594 DE-A1- 102013 212 506**

EP 3 946 818 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung eines ersten Betriebszustandes einer Handwerkzeugmaschine, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, und eine zur Durchführung des Verfahrens eingerichtete Handwerkzeugmaschine.

Stand der Technik

[0002] Aus dem Stand der Technik, siehe beispielsweise EP 3 381 615 A1, sind Drehschlagschrauber zum Anziehen von Schraubenelementen, wie beispielsweise Gewindemuttern und Schrauben bekannt. Ein Drehschlagschrauber von diesem Typ umfasst beispielsweise einen Aufbau, bei welchem eine Schlagkraft in einer Drehrichtung durch eine Drehschlagkraft eines Hammers an ein Schraubenelement übertragen wird. Der Drehschlagschrauber, welcher diesen Aufbau hat, umfasst einen Motor, einen durch den Motor anzutreibenden Hammer, einen Am-boss, welcher durch den Hammer geschlagen wird, und ein Werkzeug. Bei dem Drehschlagschrauber wird der in einem Gehäuse eingebaute Motor angetrieben, wobei der Hammer durch den Motor angetrieben, der Amboss wiederum durch den sich drehenden Hammer geschlagen und eine Schlagkraft an das Werkzeug abgegeben wird, wobei zwei unterschiedliche Betriebszustände, nämlich "kein Schlagbetrieb" und "Schlagbetrieb" unterschieden werden können.

[0003] In der EP 1 398 119 A1, die den Oberbegriff des Patentanspruchs 1 offenbart, wird ein Sicherheitsabschaltsystem für elektrisch betriebene Handwerkzeugmaschinen offenbart, wobei die Handwerkzeugmaschine ein Einsatzwerkzeug drehbar antreibt und das Sicherheitsabschaltsystem dazu vorgesehen ist, Verletzungen bei einem Blockieren des Einsatzwerkzeugs zu vermeiden.

[0004] DE 10 2013 212506 A1 beschreibt eine Werkzeugmaschinen-schaltvorrichtung mit zumindest einem Schaltelement zu einer Umschaltung zwischen zumindest zwei Betriebsarten, und mit zumindest einer Sensoreinheit, die zumindest ein Sensorelement umfasst.

[0005] Die WO 2013/174594 A1 offenbart eine Schlagwerkzeukeinheit mit einer Steuereinheit, die dazu vorgesehen ist, ein pneumatisches Schlagwerk zu steuern.

[0006] Aus der EP 2 599 589 B1 ist auch ein Drehschlagschrauber mit einem Motor, mit einem Hammer und einer Drehgeschwindigkeitserfassungseinheit bekannt, wobei der Hammer durch den Motor angetrieben wird.

[0007] Für die Bereitstellung von intelligenten Werkzeugfunktionen ist eine Kenntnis über den gerade anliegenden Betriebszustand erforderlich. Eine Identifizierung desselben wird im Stand der Technik beispielsweise durch die Überwachung der Betriebsgrößen des Elektromotors, wie etwa Drehzahl und elektrischer Motorstrom, durchgeführt. Hierbei werden die Betriebsgrößen dahingehend untersucht, ob bestimmte Grenzwerte und/oder

Schwellwerte erreicht werden. Entsprechende Auswertemethoden arbeiten mit absoluten Schwellwerten und/oder Signalgradienten.

[0008] Nachteilig ist hierbei, dass ein fester Grenzwert und/oder Schwellwert praktisch nur für einen Anwendungsfall perfekt eingestellt sein kann. Sobald sich der Anwendungsfall verändert, verändern sich auch die dazugehörigen Strom- bzw. Drehzahlwerte bzw. deren zeitlichen Verläufe und eine Schlagerkennung anhand des eingestellten Grenzwertes und/oder Schwellwertes bzw. deren zeitliche Verläufe funktioniert nicht mehr.

[0009] So kann es vorkommen, dass beispielsweise ein auf der Erkennung des Schlagbetriebs basierende automatische Abschaltung bei einzelnen Anwendungsfällen bei einer Verwendung von selbstschneidenden Schrauben zuverlässig in verschiedenen Drehzahlbereichen abschaltet, allerdings in anderen Anwendungsfällen bei der Verwendung von selbstschneidenden Schrauben keine Abschaltung erfolgt.

[0010] Bei anderen Verfahren zur Bestimmung von Betriebsmodi bei Drehschlagschraubern werden zusätzliche Sensoren, etwa Beschleunigungssensoren, eingesetzt, um von Schwingungszuständen des Werkzeugs auf den gerade anliegenden Betriebsmodus zu schließen.

[0011] Nachteile dieser Verfahren sind zusätzlicher Kostenaufwand für die Sensoren sowie Einbußen in der Robustheit der Handwerkzeugmaschine, da die Anzahl der eingebauten Bauteile und elektrischen Verbindungen im Vergleich zu Handwerkzeugmaschinen ohne diese Sensorik steigt.

[0012] Prinzipiell existiert die Problematik der Erkennung von Betriebszuständen auch bei anderen Handwerkzeugmaschinen wie etwa Schlagbohrmaschinen, sodass die Erfindung nicht auf Drehschlagschrauber begrenzt ist.

Offenbarung der Erfindung

[0013] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein gegenüber dem Stand der Technik verbessertes Verfahren zur Erkennung von Betriebszuständen anzugeben, welches die oben genannten Nachteile zumindest teilweise behebt, oder zumindest eine Alternative zum Stand der Technik anzugeben. Eine weitere Aufgabe besteht darin, eine entsprechende Handwerkzeugmaschine anzugeben.

[0014] Diese Aufgaben werden mittels des jeweiligen Gegenstands der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand von jeweils abhängigen Unteransprüchen.

[0015] Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zur Erkennung eines ersten Betriebszustandes einer Handwerkzeugmaschine offenbart, wobei die Handwerkzeugmaschine einen Elektromotor aufweist. Dabei umfasst das Verfahren die Schritte:

S1 Ermitteln eines Signals einer Betriebsgröße des

Elektromotors;

S2 Vergleichen des Signals der Betriebsgröße mit zumindest einer zustandstypischen Modellsignalforn, wobei die zustandstypische Modellsignalforn (240) dem ersten Betriebszustand zugeordnet ist;

S3 Entscheiden, ob der erste Betriebszustand vorliegt, wobei die Entscheidung zumindest teilweise davon abhängt, ob in Schritt S2 die zustandstypische Modellsignalforn im Signal der Betriebsgröße identifiziert wird.

[0016] Auf diese Weise kann eine einfache und sichere Überwachung und Steuerung zur Erkennung des ersten Betriebszustandes erfolgen, wobei grundsätzlich als Betriebsgrößen, welche über einen geeigneten Messwertgeber aufgenommen werden, verschiedene Betriebsgrößen in Frage kommen. Dabei ist es besonders vorteilhaft, dass diesbezüglich kein zusätzlicher Sensor notwendig ist, da diverse Sensoren, wie beispielsweise zur Drehzahlüberwachung, vorzugsweise Hallsensoren, bereits in Elektromotoren eingebaut sind.

[0017] Dabei erweist sich der Ansatz zur Erkennung des ersten Betriebszustandes über Betriebsgrößen in den werkzeuginternen Messgrößen, wie beispielsweise die Drehzahl des Elektromotors, als besonders vorteilhaft, da mit dieser Methode die Schlagerkennung besonders zuverlässig und weitgehend unabhängig vom allgemeinen Betriebszustands des Werkzeugs bzw. dessen Anwendungsfall erfolgt. Dabei wird im Wesentlichen auf, insbesondere zusätzliche, Sensoreinheiten zur Erfassung der werkzeuginternen Messgrößen verzichtet, wie beispielsweise eine Beschleunigungssensoreinheit, so dass im Wesentlichen ausschließlich das erfindungsgemäße Verfahren zur Erkennung des ersten Betriebszustands dient.

[0018] Weiter ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren die Erkennung des ersten Betriebszustands unabhängig zumindest einer Soll Drehzahl des Elektromotors, zumindest einer Anlaufcharakteristik des Elektromotors und/oder zumindest eines Ladezustands einer Energieversorgung, insbesondere eines Akkus, der Handwerkzeugmaschine.

[0019] Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht die Erkennung des ersten Betriebszustands für Anwendungsfälle, bei dem ein loses Befestigungselement in einen Befestigungsträger geschraubt wird, als auch bei dem ein festes, insbesondere zumindest teilweise eingeschraubtes, Befestigungselement in einen Befestigungsträger eingeschraubt wird. Die Anwendungsfälle können dabei sowohl harte als auch weiche Schraubfälle umfassen, wobei ein typischer Anwendungsfall beispielsweise eine selbstschneidende Verschraubung oder eine Holzverschraubung sein kann.

[0020] Hierbei ist als das "lose Befestigungselement" ein Befestigungselement zu verstehen, dass im Wesentlichen nicht in dem Befestigungsträger eingeschraubt ist

und dass in den Befestigungsträger eingeschraubt werden soll. Als das "feste Befestigungselement" ist ein Befestigungselement aufzufassen, dass zumindest teilweise in dem Befestigungsträger eingeschraubt ist oder aber im Wesentlichen gänzlich im Befestigungsträger eingeschraubt ist.

[0021] In einem, den Verfahrensschritten S1 bis S3 vorhergehenden, weiteren Verfahrensschritt S0 kann die zumindest eine zustandstypische Modellsignalforn festgelegt werden, wobei die zustandstypische Modellsignalforn dem ersten Betriebszustand zugeordnet ist. In diesem Zusammenhang kann ein Grenz- und/oder Schwellwert für eine vorhandene Übereinstimmung beziehungsweise einen vorliegenden Fehler vom Signal der Betriebsgröße zur zustandstypischen Modellsignalforn eine einstellbare Größe für Anwendungsfälle für eine erfolgreiche Schlagerkennung darstellen.

[0022] Insbesondere ist die zustandstypische Modellsignalforn geräteintern hinterlegt oder gespeichert, alternativ und/oder zusätzlich der Handwerkzeugmaschine bereitgestellt, insbesondere von einem externen Datengerät bereitgestellt.

[0023] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung soll "ermitteln" insbesondere messen oder aufnehmen einschließen, wobei "aufnehmen" im Sinne von messen und speichern aufgefasst werden soll, zudem soll "ermitteln" auch eine mögliche Signalverarbeitung eines gemessenen Signals einschließen.

[0024] Weiter soll "entscheiden" auch als erkennen oder detektieren verstanden werden, wobei eine eindeutige Zuordnung erreicht werden soll. Als "identifizieren" soll ein Erkennen einer teilweisen Übereinstimmung mit einem Muster verstanden werden, die beispielsweise durch ein Anfitten eines Signals an das Muster, eine Fourier-Analyse oder dergleichen ermöglicht werden kann. Die "teilweise Übereinstimmung" soll derart verstanden werden, dass das Anfitten einen Fehler aufweist, der geringer als eine vorgegebene Schwelle ist, insbesondere geringer als 30%, ganz insbesondere geringer als 20%.

[0025] Das Signal der Betriebsgröße soll hier als eine zeitliche Abfolge von Messwerten aufgefasst werden. Alternativ und/oder zusätzlich kann das Signal der Betriebsgröße auch ein Frequenzspektrum sein. Alternativ und/oder zusätzlich kann das Signal der Betriebsgröße auch nachgearbeitet werden, wie beispielsweise geglättet, gefiltert, gefittet und dergleichen.

[0026] In einer Ausführungsform ist die zustandstypische Modellsignalforn ein Schwingungsverlauf um einen Mittelwert, insbesondere ein im wesentlichen trigonometrischer Schwingungsverlauf. Dabei stellt die zustandstypische Modellsignalforn vorzugsweise einen idealen Schlagbetrieb des Hammers auf den Amboss des Drehschlagwerks dar.

[0027] In einer weiteren Ausführungsform ist die Betriebsgröße eine Drehzahl des Elektromotors oder eine mit der Drehzahl korrelierende Betriebsgröße. Durch das starre Übersetzungsverhältnis von Elektromotor zum Schlagwerk ergibt sich beispielsweise eine direkte Ab-

hängigkeit von Motordrehzahl zur Schlagfrequenz. Eine weitere denkbare mit der Drehzahl korrelierende Betriebsgröße ist der Motorstrom. Als Betriebsgröße des Elektromotors sind auch denkbar eine Motorspannung, ein Hallsignal des Motors, ein Batteriestrom oder eine Batteriespannung, wobei als die Betriebsgröße auch eine Beschleunigung des Elektromotors, eine Beschleunigung einer Werkzeugaufnahme oder ein Schallsignal eines Schlagwerks der Handwerkzeugmaschine denkbar ist.

[0028] In einer weiteren Ausführungsform wird das Signal der Betriebsgröße in Verfahrensschritt S1 als Zeitverlauf von Messwerten der Betriebsgröße aufgenommen, oder als Messwerte der Betriebsgröße als eine mit dem Zeitverlauf korrelierende Größe des Elektromotors aufgenommen, beispielsweise eine Beschleunigung, einen Ruck, insbesondere höherer Ordnung, eine Leistung, eine Energie, ein Drehwinkel des Elektromotors, ein Drehwinkel der Werkzeugaufnahme oder eine Frequenz.

[0029] In der letztgenannten Ausführungsform kann gewährleistet werden, dass sich eine gleichbleibende Periodizität des zu untersuchenden Signals unabhängig von der Motordrehzahl ergibt.

[0030] Alternativ wird das Signal der Betriebsgröße in Verfahrensschritt S1 als Zeitverlauf von Messwerten der Betriebsgröße aufgenommen, wobei in einem dem Verfahrensschritt S1 folgenden Schritt S1a aufgrund des starren Übersetzungsverhältnisses des Getriebes eine Transformation des Zeitverlaufs der Messwerte der Betriebsgröße in einen Verlauf der Messwerte der Betriebsgröße als eine mit dem Zeitverlauf korrelierende Größe des Elektromotors erfolgt. Somit ergeben sich wiederum dieselben Vorteile wie bei der direkten Aufnahme des Signals der Betriebsgröße über die Zeit.

[0031] In einer weiteren Ausführungsform wird das Signal der Betriebsgröße als Folge von Messwerten in einem Speicher, vorzugsweise einem Ringspeicher, insbesondere der Handwerkzeugmaschine, gespeichert.

[0032] In einer bevorzugten Ausgestaltung wird in Verfahrensschritt S1 eine Segmentierung der Messwerte derart durchgeführt, dass das Signal der Betriebsgröße stets eine vorgegebene Anzahl an Messwerten umfasst.

[0033] In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung wird in Verfahrensschritt S2 das Signal der Betriebsgröße mittels eines der Vergleichsverfahren umfassend zumindest ein frequenzbasiertes Vergleichsverfahren und/oder ein vergleichendes Vergleichsverfahren verglichen, wobei das Vergleichsverfahren das Signal der Betriebsgröße mit dem zustandstypischen Modellsignalform vergleicht, ob zumindest ein vorgegebener Schwellwert erfüllt wird. Der vorgegebene Schwellwert kann dabei werksseitig vorgegeben sein oder von einem Benutzer einstellbar sein.

[0034] In einer Ausführungsform umfasst das frequenzbasierte Vergleichsverfahren zumindest die Bandpassfilterung und/oder die Frequenzanalyse, wobei der vorgegebene Schwellwert zumindest 85%, insbesondere

re 90%, ganz insbesondere 95%, eines vorgegebenen Grenzwerts beträgt.

[0035] In der Bandpassfilterung wird beispielsweise das aufgenommene Signal der Betriebsgröße über einen Bandpass, dessen Durchlassbereich mit der zustandstypischen Modellsignalform übereinstimmt, gefiltert. Eine entsprechende Amplitude im resultierenden Signal ist im ersten Betriebszustand, insbesondere im Schlagbetrieb, zu erwarten. Der vorgegebene Schwellwert der Bandpassfilterung kann daher zumindest 85%, insbesondere 90%, ganz insbesondere 95%, der entsprechenden Amplitude im ersten Betriebsmodus, insbesondere im Schlagbetrieb, sein. Der vorgegebene Grenzwert kann hierbei die entsprechende Amplitude im resultierenden Signal eines idealen ersten Betriebszustands, insbesondere eines idealen Schlagbetriebs, sein.

[0036] Durch das bekannte frequenzbasierte Vergleichsverfahren der Frequenzanalyse kann die zuvor festgelegte zustandstypische Modellsignalform, beispielsweise ein Frequenzspektrum des ersten Betriebszustands, insbesondere eines Schlagbetriebs, in den aufgenommenen Signalen der Betriebsgröße gesucht werden. In den aufgenommenen Signalen der Betriebsgröße ist eine entsprechende Amplitude des ersten Betriebszustands, insbesondere des Schlagbetriebs, zu erwarten. Der vorgegebene Schwellwert der Frequenzanalyse kann zumindest 85%, insbesondere 90%, ganz insbesondere 95%, der entsprechenden Amplitude im ersten Betriebsmodus, insbesondere im Schlagbetrieb, sein. Der vorgegebene Grenzwert kann hierbei die entsprechende Amplitude in den aufgenommenen Signalen eines idealen ersten Betriebszustands, insbesondere eines idealen Schlagbetriebs, sein. Dabei kann eine angemessene Segmentierung des aufgenommenen Signals der Betriebsgröße notwendig sein.

[0037] In Verfahrensschritt S3 kann zumindest teilweise mittels dem frequenzbasierten Vergleichsverfahren, insbesondere der Bandpassfilterung und/oder der Frequenzanalyse, die Entscheidung getroffen werden, ob der erste Betriebszustand im Signal der Betriebsgröße identifiziert wurde.

[0038] In einer Ausführungsform umfasst das vergleichende Vergleichsverfahren zumindest die Parameterschätzung und/oder die Kreuzkorrelation, wobei der vorgegebene Schwellwert zumindest 50% einer Übereinstimmung des Signals der Betriebsgröße mit dem zustandstypischen Modellsignalform beträgt.

[0039] Das gemessene Signal der Betriebsgröße kann mit der zustandstypischen Modellsignalform mittels dem vergleichenden Vergleichsverfahren verglichen werden. Das gemessene Signal der Betriebsgröße wird derart ermittelt, dass es im Wesentlichen dieselbe endliche Signallänge wie jene der zustandstypischen Modellsignalform aufweist. Der Vergleich der zustandstypischen Modellsignalform mit dem gemessenen Signal der Betriebsgröße kann dabei als ein, insbesondere diskretes oder kontinuierliches, Signal einer endlichen Länge ausgegeben werden. Abhängig eines Grads der Übereinstimmung

mung oder einer Abweichung des Vergleichs, kann ein Ergebnis ausgegeben werden, ob der erste Betriebszustand, insbesondere der Schlagbetrieb, vorhanden ist. Wenn das gemessene Signal der Betriebsgröße zumindest zu 50% mit der zustandstypischen Modellsignalform übereinstimmt, kann der erste Betriebszustand, insbesondere der Schlagbetrieb, vorliegen. Zudem ist denkbar, dass das vergleichende Verfahren mittels des Vergleichs des gemessenen Signals der Betriebsgröße mit der Zustandstypischen Modellsignalform einen Grad einer Abweichung zueinander als Ergebnis des Vergleichs ausgeben kann. Hierbei kann die Abweichung von zumindest 50% zueinander als ein Kriterium für ein Vorliegen des ersten Betriebszustands, insbesondere des Schlagbetriebs, sein.

[0040] Bei einer Parameterschätzung kann auf einfache Weise ein Vergleich zwischen der zuvor festgelegten zustandstypischen Modellsignalform und dem Signal der Betriebsgröße erfolgen. Hierzu können geschätzte Parameter der zustandstypischen Modellsignalform identifiziert werden, um die zustandstypische Modellsignalform dem gemessenen Signal der Betriebsgrößen anzugleichen. Mittels eines Vergleichs zwischen den geschätzten Parametern der zuvor festgelegten zustandstypischen Modellsignalform und dem Signal der Betriebsgröße, kann ein Ergebnis zum Vorliegen des ersten Betriebszustands, insbesondere des Schlagbetriebs, ermittelt werden. Anschließend kann eine Bewertung des Ergebnisses des Vergleichs erfolgen, ob der vorgegebene Schwellwert erreicht wurde. Diese Bewertung kann entweder eine Gütebestimmung der geschätzten Parameter oder die Abweichung zwischen der festgelegten zustandstypischen Modellsignalform und dem erfassten Signal der Betriebsgröße sein.

[0041] In einer weiteren Ausführungsform enthält Verfahrensschritt S2 einen Schritt S2a einer Gütebestimmung der Identifizierung der zustandstypischen Modellsignalform im Signal der Betriebsgröße, wobei in Verfahrensschritt S3 die Entscheidung, ob der erste Betriebszustand vorliegt, zumindest teilweise anhand der Gütebestimmung erfolgt. Als ein Maß der Gütebestimmung kann eine Anpassungsgüte der geschätzten Parameter ermittelt werden.

[0042] In Verfahrensschritt S3 kann zumindest teilweise mittels der Gütebestimmung, insbesondere des Maßes der Güte, die Entscheidung getroffen werden, ob der erste Betriebszustand im Signal der Betriebsgröße identifiziert wurde.

[0043] Zusätzlich oder alternativ zur Gütebestimmung kann in Verfahrensschritt S2a eine Abweichungsbestimmung der Identifizierung der zustandstypischen Modellsignalform und dem Signal der Betriebsgröße umfassen. Die Abweichung der geschätzten Parameter der zustandstypischen Modellsignalform zum gemessenen Signal der Betriebsgröße kann beispielsweise 70%, insbesondere 60%, ganz insbesondere 50%, betragen. In Verfahrensschritt S3 erfolgt die Entscheidung, ob der erste Betriebszustand vorliegt, zumindest teilweise anhand

der Abweichungsbestimmung. Die Entscheidung zum Vorliegen des ersten Betriebszustands kann bei dem vorgegebenen Schwellwert von zumindest 50% Übereinstimmung des gemessenen Signals der Betriebsgröße und der zustandstypischen Modellsignalform erfolgen.

[0044] Bei einer Kreuzkorrelation kann ein Vergleich zwischen der zuvor festgelegten zustandstypischen Modellsignalform und dem gemessenen Signal der Betriebsgröße erfolgen. Bei der Kreuzkorrelation kann die zuvor festgelegte zustandstypische Modellsignalform mit dem gemessenen Signal der Betriebsgröße korreliert werden. Bei einer Korrelation der zustandstypischen Modellsignalform mit dem gemessenen Signal der Betriebsgröße kann ein Maß der Übereinstimmung der beiden Signale ermittelt werden. Das Maß der Übereinstimmung kann beispielsweise 40%, insbesondere 50%, ganz insbesondere 60%, betragen.

[0045] In Verfahrensschritt S3 des erfindungsgemäßen Verfahrens kann die Entscheidung, ob der erste Betriebszustand vorliegt, zumindest teilweise anhand der Kreuzkorrelation der zustandstypischen Modellsignalform mit dem gemessenen Signal der Betriebsgröße erfolgen. Die Entscheidung kann zumindest teilweise anhand dem vorgegebenen Schwellwert von zumindest 50% Übereinstimmung des gemessenen Signals der Betriebsgröße und der zustandstypischen Modellsignalform getroffen werden.

[0046] In einem Verfahrensschritt wird der erste Betriebszustand anhand von weniger als zehn Schlägen eines Schlagwerks der Handwerkzeugmaschine, insbesondere weniger als zehn Schlagschwingungsperioden des Elektromotors, bevorzugt weniger als sechs Schläge eines Schlagwerks der Handwerkzeugmaschine, insbesondere weniger als sechs Schlagschwingungsperioden des Elektromotors, ganz bevorzugt weniger als vier Schlägen eines Schlagwerks, insbesondere weniger als vier Schlagschwingungsperioden des Elektromotors, identifiziert. Hierbei soll als ein Schlag des Schlagwerks ein axialer, radialer, tangentialer und/oder in Umfangsrichtung gerichteter Schlag eines Schlagwerksschlägers, insbesondere eines Hammers, auf einen Schlagwerkskörper, insbesondere einen Amboss, verstanden werden. Die Schlagschwingungsperiode des Elektromotors ist mit der Betriebsgröße des Elektromotors korreliert. Eine Schlagschwingungsperiode des Elektromotors kann anhand von Betriebsgrößenschwankungen während des ersten Betriebszustands im Signal der Betriebsgröße ermittelt werden.

[0047] Die Identifizierung der Schläge des Schlagwerks der Handwerkzeugmaschine, insbesondere die Schlagschwingungsperioden des Elektromotors, kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass ein Fas-Fitting-Algorithmus verwendet wird, mittels dem eine Auswertung der Schlagerkennung innerhalb von weniger als 100 ms, insbesondere weniger als 60 ms, ganz insbesondere weniger als 40 ms, ermöglicht werden kann. Hierbei ermöglicht das erfinderische Verfahren die Erkennung des ersten Betriebszustands im Wesentlichen

für sämtliche oben genannte Anwendungsfälle und einer Verschraubung für lose als auch feste Befestigungselemente in den Befestigungsträger.

[0048] Vorteilhafterweise ist die Handwerkzeugmaschine eine Schlagschraubmaschine, insbesondere eine Drehschlagschraubmaschine, und der erste Betriebszustand ein Schlagbetrieb, insbesondere ein Drehschlagbetrieb.

[0049] Durch die vorliegende Erfindung ist ein weitest gehender Verzicht auf aufwändigere Methoden der Signalverarbeitung wie z.B. Filter, Signatrückschleifen, Systemmodelle (statische sowie adaptive) und Signalführungen möglich.

[0050] Darüber hinaus erlauben diese Methoden eine noch schnellere Identifikation des Schlagbetriebs bzw. des Arbeitsfortschritts womit eine noch schnellere Reaktion des Werkzeugs hervorgerufen werden kann. Dies gilt insbesondere für die Anzahl der vergangenen Schläge nach Einsetzen des Schlagwerks bis zur Identifikation und auch in besonderen Betriebssituationen wie z.B. der Anlaufphase des Antriebsmotors. Dabei müssen auch keine Einschränkungen der Funktionalität des Werkzeugs wie beispielsweise eine Herabsetzung der maximalen Antriebsdrehzahl getroffen werden.

[0051] Es ist grundsätzlich keine zusätzliche Sensorik (z.B. Beschleunigungssensor) notwendig, dennoch können diese Auswertemethoden auch auf Signale weiterer Sensorik angewendet werden. Des Weiteren kann in anderen Motorkonzepten, welche beispielsweise ohne Drehzahlerfassung auskommen, diese Methode auch bei anderen Signalen zur Anwendung kommen.

[0052] Einen weiteren Gegenstand der Erfindung bildet eine Handwerkzeugmaschine gemäß dem Patentanspruch 15. aufweisend einen Elektromotor, einen Messwertaufnehmer einer Betriebsgröße des Elektromotors, und eine Motorsteuerung, wobei vorteilhafterweise die Handwerkzeugmaschine eine Schlagschraubmaschine, insbesondere eine Drehschlagschraubmaschine, und der erste Betriebszustand ein Schlagbetrieb, insbesondere ein Drehschlagbetrieb, ist. Dabei versetzt der Elektromotor eine Eingangsspindel in Rotation, wobei eine Ausgangsspindel mit einer Werkzeugaufnahme verbunden ist. Ein Amboss ist drehfest mit der Ausgangsspindel verbunden und ein Hammer ist derart mit der Eingangsspindel verbunden, dass er infolge der Drehbewegung der Eingangsspindel eine intermittierende Bewegung in axialer Richtung der Eingangsspindel sowie eine intermittierende rotatorische Bewegung um die Eingangsspindel ausführt, wobei der Hammer auf diese Weise intermittierend auf den Amboss aufschlägt und so einen Schlag- und einen Drehimpuls an den Amboss und somit an die Ausgangsspindel abgibt. Ein erster Sensor übermittelt ein erstes Signal beispielsweise zur Ermittlung eines Motordrehwinkels an die Steuerungseinheit. Ferner kann ein zweiter Sensor ein zweites Signal zur Ermittlung einer Motorgeschwindigkeit an die Steuerungseinheit übermitteln. Die Steuerungseinheit ist vorteilhafterweise dazu ausgelegt, ein Verfahren nach einem der Ansprü-

che 1 bis 14 durchzuführen.

[0053] In einer weiteren Ausführungsform ist die Handwerkzeugmaschine eine akkubetriebene Handwerkzeugmaschine, insbesondere ein akkubetriebener Drehschlagschrauber. Auf diese Weise ist eine flexible und netzunabhängige Benutzung der Handwerkzeugmaschine gewährleistet.

[0054] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Handwerkzeugmaschine ein Akku-Schrauber, eine Bohrmaschine, eine Schlagbohrmaschine oder ein Bohrhämmer, wobei als Werkzeug ein Bohrer, eine Bohrkronen oder verschiedene Bitaufsätze verwendet werden können. Die erfindungsgemäße Handwerkzeugmaschine ist insbesondere als Schlagschraubwerkzeug ausgebildet, wobei durch die impulsartige Freisetzung der Motorenergie ein höheres Spitzendrehmoment für ein Einschrauben oder ein Heraus-schrauben einer Schraube oder einer Schraubenmutter erzeugt wird. Unter Übertragung elektrischer Energie soll in diesem Zusammenhang insbesondere verstanden werden, dass die Handwerkzeugmaschine über einen Akku und/oder über eine Stromkabelanbindung an den Korpus Energie weiterleitet.

[0055] Zudem kann abhängig von der gewählten Ausführungsform das Schraubwerkzeug in der Drehrichtung flexibel ausgebildet sein. Auf diese Weise kann das vorgeschlagene Verfahren sowohl zum Eindrehen als auch zum Herausdrehen einer Schraube beziehungsweise einer Schraubenmutter verwendet werden.

[0056] Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung des Ausführungsbeispiels der Erfindung, welches in der Zeichnung dargestellt ist. Dabei ist zu beachten, dass die in den Figuren beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in der Zeichnung nur einen beschreibenden Charakter hat und nicht dazu gedacht ist, die Erfindung in irgendeiner Form einzuschränken.

[0057] Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

- 45 Fig. 1 eine schematische Darstellung einer elektrischen Handwerkzeugmaschine;
- Fig. 2(a) eine schematische Darstellung eines Signals einer Betriebsgröße einer Handwerkzeugmaschine bei einem losen Befestigungselement;
- Fig. 2(b) eine schematische Darstellung eines Signals einer Betriebsgröße einer Handwerkzeugmaschine bei einem festen Befestigungselement;
- 55 Fig. 3 eine schematische Darstellung zweier ver-

- schiedener Aufzeichnungen des Signals der Betriebsgröße;
- Fig. 4 ein Ablaufdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens; und
- Fig. 5 eine gemeinsame Darstellung eines Signals einer Betriebsgröße und eines zustandstypischen Modellsignals für die Bandpassfilterung;
- Fig. 6 eine gemeinsame Darstellung eines Signals einer Betriebsgröße und eines zustandstypischen Modellsignals für die Frequenzanalyse;
- Fig. 7 eine gemeinsame Darstellung eines Signals einer Betriebsgröße und eines zustandstypischen Modellsignals für die Parameterschätzung;
- Fig. 8 eine gemeinsame Darstellung eines Signals einer Betriebsgröße und eines zustandstypischen Modellsignals für die Kreuzkorrelation.

[0058] Die Figur 1 zeigt eine erfindungsgemäße Handwerkzeugmaschine 100, die ein Gehäuse 105 mit einem Handgriff 115 aufweist. Gemäß der dargestellten Ausführungsform ist die Handwerkzeugmaschine 100 zur netzunabhängigen Stromversorgung mechanisch und elektrisch mit einem Akkupack 190 verbindbar. In Fig. 1 ist die Handwerkzeugmaschine 100 beispielhaft als Akkudreherschlagschrauber ausgebildet. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass die vorliegende Erfindung nicht auf Akku-Dreherschlagschrauber beschränkt ist, sondern prinzipiell bei Handwerkzeugmaschinen 100 bei denen die Erkennung von Betriebszuständen notwendig ist, wie etwa Schlagbohrmaschinen, seine Anwendung finden kann.

[0059] In dem Gehäuse 105 sind ein von dem Akkupack 190 mit Strom versorgter, elektrischer Elektromotor 180 und ein Getriebe 170 angeordnet. Der Elektromotor 180 ist über das Getriebe 170 mit einer Eingangsspindel verbunden. Ferner ist innerhalb des Gehäuses 105 im Bereich des Akkupacks 190 eine Steuerungseinheit 370 angeordnet, welche zur Steuerung und/oder Regelung des Elektromotors 180 und des Getriebes 170 beispielsweise mittels einer eingestellten Motordrehzahl n , einem angewählten Drehimpuls, einem gewünschten Getriebeingang x oder dergleichen auf diese einwirkt.

[0060] Der Elektromotor 180 ist beispielsweise über einen Handschalter 195 betätigbar, d. h. ein- und ausschaltbar, und kann ein beliebiger Motortyp, beispielsweise ein elektronisch kommutierter Motor oder ein Gleichstrommotor, sein. Grundsätzlich ist der Elektromotor 180 derart elektronisch steuer- bzw. regelbar, dass sowohl ein Reversierbetrieb, als auch Vorgaben hinsicht-

lich der gewünschten Motordrehzahl n und des gewünschten Drehimpulses realisierbar sind. Die Funktionsweise und der Aufbau eines geeigneten Elektromotors sind aus dem Stand der Technik hinreichend bekannt, sodass hier zwecks Knappheit der Beschreibung auf eine eingehende Beschreibung verzichtet wird.

[0061] Über eine Eingangsspindel und eine Ausgangsspindel ist eine Werkzeugaufnahme 140 drehbar im Gehäuse 105 gelagert. Die Werkzeugaufnahme 140 dient zur Aufnahme eines Werkzeugs und kann unmittelbar an die Ausgangsspindel angeformt sein oder aufsatzförmig mit dieser verbunden sein.

[0062] Die Steuerungseinheit 370 steht mit einer Stromquelle in Verbindung und ist derart ausgebildet, dass sie den Elektromotor 180 mittels verschiedener Stromsignale elektronisch steuer- bzw. regelbar ansteuern kann. Die verschiedenen Stromsignale sorgen für unterschiedliche Drehimpulse des Elektromotors 180, wobei die Stromsignale über eine Steuerleitung an den Elektromotor 180 geleitet werden. Die Stromquelle kann beispielsweise als Batterie oder, wie in dem dargestellten Ausführungsbeispiel als Akkupack 190 oder als Netzanschluss ausgebildet sein.

[0063] Ferner können nicht im Detail dargestellte Bedienelemente vorgesehen sein, um verschiedene Betriebsmodi und/oder die Drehrichtung des Elektromotors 180 einzustellen.

[0064] In Figur 2 ist ein Beispielsignal einer Betriebsgröße 200 eines Elektromotors 180 eines Drehschlagschraubers, wie es so oder in ähnlicher Form bei der bestimmungsgemäßen Verwendung eines Drehschlagschraubers auftritt, dargestellt. Während sich die folgenden Ausführungen auf einen Drehschlagschrauber beziehen, gelten sie im Rahmen der Erfindung sinngemäß auch für andere Handwerkzeugmaschinen 100 wie beispielsweise Schlagbohrmaschinen.

[0065] Auf der Abszisse x ist im vorliegenden Beispiel der Figur 2 die Zeit als Bezugsgröße aufgetragen. In einer alternativen Ausführungsform wird jedoch eine mit der Zeit korrelierte Größe als Bezugsgröße aufgetragen, wie beispielsweise der Drehwinkel der Werkzeugaufnahme 140 oder der Drehwinkel des Elektromotors 180. Auf der Ordinate $f(x)$ ist in der Figur die zu jedem Zeitpunkt anliegende Motordrehzahl n aufgetragen. Anstelle der Motordrehzahl kann auch eine andere, mit der Motordrehzahl korrelierende Betriebsgröße gewählt werden. In alternativen Ausführungsformen der Erfindung repräsentiert $f(x)$ beispielsweise ein Signal des Motorstroms.

[0066] Motordrehzahl und Motorstrom sind Betriebsgrößen, die bei Handwerkzeugmaschinen 100 üblicherweise und ohne Zusatzaufwand von einer Steuerungseinheit 370 erfasst werden. Das Ermitteln des Signals einer Betriebsgröße 200 des Elektromotors 180 ist in Figur 4, die ein schematisches Ablaufdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens zeigt, als Verfahrensschritt S1 gekennzeichnet. In bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung kann ein Benutzer der Handwerkzeugmaschine 100 auswählen, basierend auf welcher

Betriebsgröße das erfinderische Verfahren ausgeführt werden soll.

[0067] In Fig. 2(a) ist ein Anwendungsfall eines losen Befestigungselements, beispielsweise einer Schraube, in einen Befestigungsträger, beispielsweise ein Holzbrett, gezeigt. Man erkennt in Figur 2(a), dass das Signal einen ersten Bereich 310 umfasst, der durch ein monoton wachsendes der Motordrehzahl gekennzeichnet ist, sowie durch einen Bereich vergleichsweise konstanter Motordrehzahl, den man auch als Plateau bezeichnen kann. Der Schnittpunkt zwischen Abszisse x und Ordinate $f(x)$ in Figur 2(a) entspricht beim Schraubvorgang dem Start des Drehschlagschraubers.

[0068] In dem ersten Bereich 310 arbeitet der Drehschlagschrauber im Betriebszustand des Schraubens ohne Schlag.

[0069] In einem zweiten Bereich 320 arbeitet der Drehschlagschrauber in einem Drehschlagbetrieb. Der Drehschlagbetrieb ist durch einen oszillierenden Verlauf des Signals der Betriebsgröße 200 gekennzeichnet, wobei die Form der Oszillation beispielsweise trigonometrisch oder anderweitig oszillierend sein kann. Im vorliegenden Fall hat die Oszillation einen Verlauf, den man als modifizierte trigonometrische Funktion bezeichnen kann, wobei die obere Halbwelle der Schwingung eine spitzhut- oder zahnartige Form hat. Diese charakteristische Form des Signals der Betriebsgröße 200 im Schlagschraubbetrieb entsteht durch das Aufziehen und Freilaufen des Schlagwerksschlägers und der zwischen Schlagwerk und Elektromotor 180 befindlichen Systemkette u.a. des Getriebes 170.

[0070] Die qualitative Signalform des Schlagbetriebs ist aufgrund der inhärenten Eigenschaften des Drehschlagschraubers also prinzipiell bekannt. In dem erfindungsgemäßen Verfahren der Figur 4 wird ausgehend von dieser Erkenntnis in einem Schritt S0 zumindest eine zustandstypische Modellsignalform 240 festgelegt, wobei die zustandstypische Modellsignalform 240 dem ersten Betriebszustand, im Beispiel der Figur 2(a) also dem Schlagschraubbetrieb im zweiten Bereich 320, zugeordnet ist. Mit anderen Worten enthält die zustandstypische Modellsignalform 240 für den ersten Betriebszustand typische Merkmale wie Vorhandensein eines Schwingungsverlaufs, Schwingungsfrequenzen beziehungsweise -amplituden, oder einzelne Signalsequenzen in kontinuierlicher, quasi-kontinuierlicher oder diskreter Form.

[0071] In anderen Anwendungen kann der erste, zu detektierende Betriebszustand durch andere Signalformen als durch Schwingungen gekennzeichnet sein, etwa durch Unstetigkeiten oder Wachstumsraten in der Funktion $f(x)$. In solchen Fällen ist die zustandstypische Modellsignalform durch eben diese Parameter gekennzeichnet anstelle durch Schwingungen.

[0072] In Fig. 2(b) ist ein Anwendungsfall eines festen Befestigungselements, beispielsweise einer Schraube, in einem Befestigungsträger, beispielsweise ein Holzbrett, gezeigt. Hierbei bedeutet "fest", dass das Befesti-

gungselement zumindest teilweise in dem Befestigungsträger verschraubt ist und ein unterbrochener Schraubvorgang fortgeführt werden soll. Die Bezugszeichen und Bezeichnungen des ersten und zweiten Bereichs 310, 320 sind wie in Fig. 2(a). Der Unterschied des Anwendungsfalls in Fig. 2(b) zu Fig. 2(a) besteht darin, dass nach einer kurzen Anlaufphase mit der monoton wachsenden Drehzahl, der Drehschlagbetrieb bereits während der monoton wachsenden Drehzahl einsetzt. In Fig. 2(b) ist zu erkennen, dass im Wesentlichen kein Plateau mit der vergleichsweise konstanten Drehzahl vorherrscht.

[0073] In einer bevorzugten Ausgestaltung des erfinderischen Verfahrens kann in Verfahrensschritt S0 die zustandstypische Modellsignalform 240 festgelegt werden. Die zustandstypische Modellsignalform 240 kann geräteintern hinterlegt, berechnet oder gespeichert sein. In einer alternativen Ausführungsform kann die zustandstypische Modellsignalform alternativ und/oder zusätzlich der Handwerkzeugmaschine 100 bereitgestellt werden, beispielsweise von einem externen Datengerät.

[0074] In einem Verfahrensschritt S2 des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Signal der Betriebsgröße des Elektromotors 180 mit der zustandstypischen Modellsignalform 240 verglichen. Das Merkmal "vergleichen" soll im Kontext mit der vorliegenden Erfindung breit und im Sinne einer Signalanalyse ausgelegt werden, so dass ein Ergebnis des Vergleichs insbesondere auch eine teilweise oder graduelle Übereinstimmung des Signals der Betriebsgröße 200 des Elektromotors 180 mit der zustandstypischen Modellsignalform 240 sein kann, wobei der Grad der Übereinstimmung der beiden Signale durch verschiedene Verfahren ermittelt werden kann, die an späterer Stelle noch genannt werden.

[0075] In einem Verfahrensschritt S3 des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Entscheidung, ob der erste Betriebszustand vorliegt, zumindest teilweise anhand des Ergebnisses des Vergleichs getroffen. Hierbei ist der Grad der Übereinstimmung ein werks- oder benutzerseitig einstellbarer Parameter zur Einstellung einer Sensitivität der Erkennung des ersten Betriebszustandes.

[0076] In praktischen Anwendungen kann vorgesehen sein, dass die Verfahrensschritte S1, S2 und S3 sich wiederholend während des Betriebs einer Handwerkzeugmaschine 100 ausgeführt werden, um den Betrieb auf das Vorhandensein des ersten Betriebszustands zu überwachen. Zu diesem Zweck kann in Verfahrensschritt S1 eine Segmentierung des ermittelten Signals der Betriebsgröße 200 erfolgen, sodass die Verfahrensschritte S2 und S3 an Signalsegmenten, vorzugsweise stets gleicher, festgelegter Länge, durchgeführt werden.

[0077] Zu diesem Zweck kann das Signal der Betriebsgröße 200 als Folge von Messwerten in einem Speicher, vorzugsweise einem Ringspeicher, gespeichert werden. In dieser Ausführungsform umfasst die Handwerkzeugmaschine 100 den Speicher, vorzugsweise den Ringspeicher.

[0078] Wie im Zusammenhang mit Figur 2 bereits er-

wähnt, wird in bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung in Verfahrensschritt S1 das Signal der Betriebsgröße 200 als Zeitverlauf von Messwerten der Betriebsgröße ermittelt, oder als Messwerte der Betriebsgröße als eine mit dem Zeitverlauf korrelierende Größe des Elektromotors 180. Dabei können die Messwerte diskret, quasi kontinuierlich oder kontinuierlich sein.

[0079] Eine Ausführungsform sieht dabei vor, dass das Signal der Betriebsgröße 200 in Verfahrensschritt S1 als Zeitverlauf von Messwerten der Betriebsgröße aufgenommen wird und in einem dem Verfahrensschritt S1 folgenden Verfahrensschritt S1a eine Transformation des Zeitverlaufs der Messwerte der Betriebsgröße in einen Verlauf der Messwerte der Betriebsgröße als eine mit dem Zeitverlauf korrelierende Größe des Elektromotors 180 erfolgt, wie beispielsweise der Drehwinkel der Werkzeugaufnahme 140 oder den Motordrehwinkel.

[0080] Die Vorteile dieser Ausführungsform werden im Folgenden anhand Figur 3 beschrieben. Ähnlich zu Figur 2 zeigt Figur 3a Signale $f(x)$ einer Betriebsgröße 200 über eine Abszisse x , in diesem Fall über die Zeit t . Wie in Figur 2 kann die Betriebsgröße eine Motordrehzahl oder ein mit der Motordrehzahl korrelierender Parameter sein.

[0081] Die Abbildung enthält zwei Signalverläufe der Betriebsgröße 200 im ersten Betriebsmodus, im Falle eines Drehschlagschraubers also im Drehschlagschraubmodus. In beiden Fällen umfasst das Signal eine Wellenlänge eines idealisiert als sinusförmig angenommenen Schwingungsverlaufs, wobei das Signal mit kürzerer Wellenlänge, T1 Verlauf mit höherer Schlagfrequenz, und das Signal mit längerer Wellenlänge, T2 einen Verlauf mit niedrigerer Schlagfrequenz, aufweist.

[0082] Beide Signale können mit derselben Handwerkzeugmaschine 100 bei verschiedenen Motorgeschwindigkeiten erzeugt werden und sind unter anderem abhängig davon, welche Umdrehungsgeschwindigkeit der Benutzer über den Bedienschalter von der Handwerkzeugmaschine 100 anfordert.

[0083] Soll nun beispielsweise der Parameter "Wellenlänge" zur Definition der zustandstypischen Modellsignalform 240 herangezogen werden, müssten also im vorliegenden Fall zumindest zwei verschiedene Wellenlängen T1 und T2 als mögliche Teile der zustandstypischen Modellsignalform hinterlegt sein, damit der Vergleich des Signals der Betriebsgröße 200 mit der zustandstypischen Modellsignalform 240 in beiden Fällen zum Ergebnis "Übereinstimmung" führt. Da sich die Motordrehzahl über der Zeit allgemein und in großem Umfang ändern kann, führt dies dazu, dass auch die gesuchte Wellenlänge variiert und dadurch die Methoden zur Erkennung dieser Schlagfrequenz dementsprechend adaptiv eingestellt werden müssten.

[0084] Bei einer Vielzahl von möglichen Wellenlängen würde der Aufwand des Verfahrens und der Programmierung entsprechend schnell ansteigen.

[0085] In der bevorzugten Ausführungsform werden daher die Zeitwerte der Abszisse in mit den Zeitwerten korrelierende Werte transformiert, wie beispielsweise

Beschleunigungswerte, Ruckwerte höherer Ordnung, Leistungswerte, Energiewerte, Frequenzwerte, Drehwinkelwerte der Werkzeugaufnahme 140 oder Drehwinkelwerte des Elektromotors 180. Dies ist möglich, weil sich durch das starre Übersetzungsverhältnis von Elektromotor 180 zum Schlagwerk und zur Werkzeugaufnahme 140 eine direkte, bekannte Abhängigkeit von Motordrehzahl zur Schlagfrequenz ergibt. Durch diese Normierung wird ein von der Motordrehzahl unabhängiges Schwingungssignal gleichbleibender Periodizität erreicht, was in Figur 3b durch die beiden aus der Transformation der zu T1 und T2 gehörigen Signale dargestellt ist, wobei beide Signale nun die gleiche Wellenlänge $P1=P2$ aufweisen.

[0086] Entsprechend kann in dieser Ausführungsform der Erfindung die zustandstypische Modellsignalform 240 gültig für alle Drehzahlen durch einen einzigen Parameter der Wellenlänge über die mit der Zeit korrelierende Größe, wie beispielsweise den Drehwinkel der Werkzeugaufnahme 140 oder den Motordrehwinkel, festgelegt werden.

[0087] In einer bevorzugten Ausführungsform erfolgt der Vergleich des Signals der Betriebsgröße 200 in Verfahrensschritt S2 mit einem Vergleichsverfahren, wobei das Vergleichsverfahren zumindest ein frequenzbasiertes Vergleichsverfahren und/oder ein vergleichendes Vergleichsverfahren umfasst. Das Vergleichsverfahren vergleicht das Signal der Betriebsgröße 200 mit dem zustandstypischen Modellsignalform 240, ob zumindest ein vorgegebener Schwellwert erfüllt wird. Das frequenzbasierte Vergleichsverfahren umfasst zumindest die Bandpassfilterung und/oder die Frequenzanalyse. Das vergleichende Vergleichsverfahren umfasst zumindest die Parameterschätzung und/oder die Kreuzkorrelation. Das frequenzbasierte und das vergleichende Vergleichsverfahren wird im Folgenden detaillierter beschrieben.

[0088] In Ausführungsformen mit Bandpassfilterung wird das, gegebenenfalls wie beschrieben, auf eine mit der Zeit korrelierende Größe transformierte Eingangssignal über einen Bandpass gefiltert, dessen Durchlassbereich den vorgegebenen Schwellwert darstellt. Der Durchlassbereich ergibt sich aus der zustandstypischen Modellsignalform 240. Es ist auch denkbar, dass der Durchlassbereich mit einer im Zusammenhang mit der zustandstypischen Modellsignalform 240 festgelegten Frequenz übereinstimmt. In dem Fall, dass Amplituden dieser Frequenz einen vorher festgelegten Grenzwert überschreiten, wie dies im ersten Betriebszustand der Fall ist, führt der Vergleich in Verfahrensschritt S2 dann zu dem Ergebnis, dass das Signal der Betriebsgröße 200 der zustandstypischen Modellsignalform 240 gleicht, und dass somit der erste Betriebszustand ausgeführt wird. Die Festlegung eines Amplitudengrenzwertes kann in dieser Ausführungsform als einem dem Verfahrensschritt S2 folgenden Verfahrensschritt S2a einer Gütebestimmung der Übereinstimmung der zustandstypischen Modellsignalform 240 mit dem Signal der Betriebsgröße 200 aufgefasst werden, auf Grundlage derer in

Verfahrensschritt S3 entschieden wird, ob der erste Betriebszustand vorliegt oder nicht.

[0089] In Ausführungsformen, welche als frequenzbasierte Vergleichsverfahren die Frequenzanalyse verwenden, wird das Signal der Betriebsgröße 200 auf Grundlage der Frequenzanalyse, beispielsweise der schnellen Fourier-Transformation (Fast Fourier Transformation, FFT), von einem Zeitbereich in den Frequenzbereich mit entsprechender Gewichtung der Frequenzen transformiert, wobei an dieser Stelle der Begriff "Zeitbereich" gemäß der obigen Ausführungen sowohl als "Verlauf der Betriebsgröße über die Zeit" als auch als "Verlauf der Betriebsgröße als eine mit der Zeit korrelierenden Größe" zu verstehen ist.

[0090] Die Frequenzanalyse in dieser Ausprägung ist als mathematisches Werkzeug der Signalanalyse aus vielen Bereichen der Technik hinreichend bekannt und wird unter anderem dazu verwendet, gemessene Signale als Reihenentwicklungen gewichteter periodischer, harmonischer Funktionen unterschiedlicher Wellenlängen anzunähern. Dabei geben die Gewichtungsfaktoren an, ob und wie stark die korrespondierenden harmonischen Funktionen einer bestimmten Wellenlänge in dem untersuchten Signal vorhanden sind.

[0091] Bezogen auf das erfindungsgemäße Verfahren kann mithilfe der Frequenzanalyse also festgestellt werden, ob und mit welcher Amplitude die der zustandstypischen Modellsignalform 240 zugeordnete Frequenz im Signal der Betriebsgröße 200 vorhanden ist. Wie im Zusammenhang mit der Bandpassfilterung erwähnt, kann ein Grenzwert der Amplitude festgelegt werden, welcher ein Maß des Grades der Übereinstimmung des Signals der Betriebsgröße 200 mit der zustandstypischen Modellsignalform 240 ist. Übersteigt die Amplitude der der zustandstypischen Modellsignalform 240 zugeordneten Frequenz im Signal der Betriebsgröße 200 diesen Grenzwert, wird in Verfahrensschritt S3 festgestellt, dass der erste Betriebszustand vorliegt.

[0092] In Ausführungsformen, in denen das vergleichende Vergleichsverfahren verwendet wird, wird das Signal der Betriebsgröße 200 mit der zustandstypischen Modellsignalform 240 verglichen, um herauszufinden, ob das gemessene Signal der Betriebsgröße 200 zumindest eine Übereinstimmung von 50% mit der zustandstypischen Modellsignalform 240 aufweist und damit der vorgegebene Schwellwert erreicht wird. Denkbar ist auch, dass das Signal der Betriebsgröße 200 mit der zustandstypischen Modellsignalform 240 verglichen wird, um eine Abweichung der beiden Signale zueinander zu ermitteln.

[0093] In Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei denen die Parameterschätzung als vergleichendes Vergleichsverfahren verwendet wird, wird das gemessene Signal der Betriebsgrößen 200 mit der zustandstypischen Modellsignalform 240 verglichen, wobei für die zustandstypische Modellsignalform 240 geschätzte Parameter identifiziert werden. Mit Hilfe der geschätzten Parameter kann ein Maß der Übereinstimmung

des gemessenen Signals der Betriebsgrößen 200 mit der zustandstypischen Modellsignalform 240 ermittelt werden, ob der erste Betriebszustand vorliegt. Die Parameterschätzung basiert hierbei auf der Ausgleichsrechnung, die eine, dem Fachmann bekannten, mathematische Optimierungsmethode ist. Die mathematische Optimierungsmethode ermöglicht mit Hilfe der geschätzten Parameter die zustandstypische Modellsignalform 240 an eine Reihe von Messdaten des Signals der Betriebsgröße 200 anzugleichen. Abhängig ein Maß der Übereinstimmung der geschätzten Parameter der zustandstypischen Modellsignalform 240 mit dem gemessenen Signal der Betriebsgröße 200 kann die Entscheidung, ob der erste Betriebszustand vorliegt, getroffen werden.

[0094] Mit Hilfe der Ausgleichsrechnung des vergleichenden Verfahrens der Parameterschätzung kann auch ein Maß einer Abweichung der geschätzten Parameter der zustandstypischen Modellsignalform 240 zu dem gemessenen Signal der Betriebsgröße 200 ermittelt werden.

[0095] Um zu entscheiden, ob eine ausreichende Übereinstimmung oder eine ausreichend geringe Abweichung der zustandstypischen Modellsignalform 240 mit den geschätzten Parametern zum gemessenen Signal der Betriebsgröße 200 vorliegt, wird in dem Verfahrensschritt S2 folgenden Verfahrensschritt S2a eine Abweichungsbestimmung durchgeführt. Wird die Abweichung von der zustandstypischen Modellsignalform 240 zum gemessenen Signal der Betriebsgröße von 70% ermittelt, kann die Entscheidung getroffen werden, ob der erste Betriebszustand im Signal der Betriebsgröße identifiziert wurde und ob der erste Betriebszustand vorliegt.

[0096] Um zu entscheiden, ob eine ausreichende Übereinstimmung der zustandstypischen Modellsignalform 240 mit dem Signal der Betriebsgröße 200 vorliegt, wird in einer weiteren Ausführungsform in einem dem Verfahrensschritt S2 folgenden Verfahrensschritt S2a eine Gütebestimmung für die geschätzten Parameter durchgeführt. Bei der Gütebestimmung werden Werte für eine Güte zwischen 0 und 1 ermittelt, wobei gilt, dass ein höherer Wert eine höhere Übereinstimmung zwischen der zustandstypischen Modellsignalform 240 mit dem Signal der Betriebsgröße 200 repräsentiert. Die Entscheidung, ob der erste Betriebszustand vorliegt, wird in der bevorzugten Ausführungsform in dem Verfahrensschritt S3 zumindest teilweise anhand der Bedingung getroffen, dass der Wert der Güte in einem Bereich von 50%.

[0097] In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird als vergleichendes Vergleichsverfahren in Verfahrensschritt S2 das Verfahren der Kreuzkorrelation verwendet. Wie die im vorstehenden beschriebenen mathematischen Verfahren auch, ist das Verfahren der Kreuzkorrelation dem Fachmann an sich bekannt. Bei dem Verfahren der Kreuzkorrelation wird die zustandstypische Modellsignalform 240 mit dem gemessenen Signal der Betriebsgröße 200 korreliert.

[0098] Im Vergleich zum weiter oben vorgestellten

Verfahren der Parameterschätzung ist das Ergebnis der Kreuzkorrelation wieder eine Signalfolge mit einer adaptierten Signallänge aus einer Länge des Signals der Betriebsgröße 200 und der zustandstypischen Modellsignalfolge 240, welches die Ähnlichkeit der zeitverschobenen Eingangssignale darstellt. Dabei stellt das Maximum dieser Ausgangsfolge den Zeitpunkt der höchsten Übereinstimmung der beiden Signale, also des Signals der Betriebsgröße 200 und der zustandstypischen Modellsignalfolge 240, dar und ist damit auch ein Maß für die Korrelation selbst, welches in dieser Ausführungsform in Verfahrensschritt S3 als Entscheidungskriterium für das Vorliegen des ersten Betriebszustands verwendet wird. In der Implementierung im erfindungsgemäßen Verfahren ist ein wesentlicher Unterschied zur Parameterschätzung, dass für die Kreuzkorrelation beliebige zustandstypische Modellsignalfolgen verwendet werden können, während bei der Parameterschätzung die zustandstypische Modellsignalfolge 240 durch parametrisierbare mathematische Funktionen dargestellt werden können muss.

[0099] Figur 5 zeigt das gemessene Signal der Betriebsgröße 200 für den Fall, dass als das frequenzbasierte Vergleichsverfahren die Bandpassfilterung verwendet wird. Hierbei wird als Abszisse x die Zeit oder eine mit der Zeit korrelierende Größe aufgetragen. Figur 5a zeigt das gemessene Signal der Betriebsgröße, ein Eingangssignal der Bandpassfilterung, wobei im ersten Bereich 310 die Handwerkzeugmaschine 100 im Schraubbetrieb betrieben wird. Im zweiten Bereich 320 wird die Handwerkzeugmaschine 100 im Drehschlagbetrieb betrieben. Figur 5b stellt das Ausgangssignal dar, nachdem der Bandpass das Eingangssignal gefiltert hat.

[0100] Figur 6 stellt das gemessene Signal der Betriebsgröße 200 für den Fall dar, dass als das frequenzbasierte Vergleichsverfahren die Frequenzanalyse verwendet wird. In Figur 6a und b ist der erste Bereich 310 gezeigt, bei dem die Handwerkzeugmaschine 100 im Schraubbetrieb ist. Auf der Abszisse x der Figur 6a ist die Zeit t oder einer mit der Zeit korrelierten Größe aufgetragen. In Figur 6b ist das Signal der Betriebsgröße 200 transformiert dargestellt, wobei beispielsweise mittels einer Fast-Fourier-Transformation von der Zeit in eine Frequenz transformiert werden kann. Auf der Abszisse x' der Figur 6b ist beispielsweise die Frequenz f aufgetragen, sodass die Amplituden des Signals der Betriebsgröße 200 dargestellt sind. In den Figuren 6c und d ist der zweite Bereich 320 dargestellt, in dem die Handwerkzeugmaschine 100 im Drehschlagbetrieb ist. Figur 6c zeigt das gemessene Signal der Betriebsgröße 200 aufgetragen über die Zeit im Drehschlagbetrieb dar. Figur 6d zeigt das transformierte Signal der Betriebsgröße 200, wobei das Signal der Betriebsgröße 200 über die Frequenz f als Abszisse x' aufgetragen ist. Figur 6d zeigt charakteristische Amplituden für den Drehschlagbetrieb.

[0101] Figur 7a zeigt einen typischen Fall eines Vergleichs mittels des vergleichenden Vergleichsverfahrens der Parameterschätzung zwischen dem Signal einer Be-

triebsgröße 200 und einer zustandstypischen Modellsignalfolge 240 in dem in Figur 2 beschriebenen ersten Bereich 310. Während die zustandstypische Modellsignalfolge 240 einen im Wesentlichen trigonometrischen Verlauf aufweist, hat das Signal der Betriebsgröße 200 einen davon stark abweichenden Verlauf. Unabhängig von der Wahl eines der oben beschriebenen Vergleichsverfahren hat in diesem Fall der in Verfahrensschritt S2 durchgeführte Vergleich zwischen der zustandstypischen Modellsignalfolge 240 und dem Signal der Betriebsgröße 200 zum Ergebnis, dass der Grad der Übereinstimmung der beiden Signale derart gering ist, dass in Verfahrensschritt S3 der erste Betriebszustand nicht festgestellt wird.

[0102] In Figur 7b ist dagegen der Fall dargestellt, in dem der erste Betriebszustand anliegt und daher die zustandstypische Modellsignalfolge 240 und das Signal der Betriebsgröße 200 insgesamt einen hohen Grad der Übereinstimmung aufweisen, auch wenn an einzelnen Messpunkten Abweichungen feststellbar sind. So kann im vergleichenden Vergleichsverfahren der Parameterschätzung die Entscheidung, ob der erste Betriebszustand vorliegt, getroffen werden.

[0103] Figur 8 zeigt den Vergleich der zustandstypischen Modellsignalfolge 240, siehe Figur 8b und e, mit dem gemessenen Signal der Betriebsgröße 200, siehe Figur 8a und 8d, für den Fall, dass als vergleichendes Vergleichsverfahren die Kreuzkorrelation verwendet wird. In den Figuren 8a - f sind auf der Abszisse x die Zeit oder eine mit der Zeit korrelierende Größe aufgetragen. In den Figuren 8a - c ist der erste Bereich 310, dem Schraubbetrieb, gezeigt. In den Figuren 8d - f ist der zweite Bereich 320, dem ersten Betriebszustand, gezeigt. Wie weiter oben beschrieben, wird das gemessene Signal der Betriebsgröße, Figur 8a und Figur 8d, mit der zustandstypischen Modellsignalfolge, Figur 8b und 8e, korreliert. In den Figuren 8c und 8f sind jeweilige Ergebnisse der Korrelationen dargestellt. In Figur 8c wird das Ergebnis der Korrelation während dem ersten Bereich 310 gezeigt, wobei erkennbar ist, dass eine geringe Übereinstimmung der beiden Signale vorliegt. In Figur 8c liegt daher der Schraubbetrieb vor. In Figur 8f ist das Ergebnis der Korrelation während dem zweiten Bereich 320 gezeigt. Es ist in Figur 8f erkennbar, dass eine hohe Übereinstimmung vorliegt, sodass die Handwerkzeugmaschine 100 im ersten Betriebszustand betrieben wird.

[0104] Die Erfindung ist nicht auf das beschriebene und dargestellte Ausführungsbeispiel beschränkt. Sie umfasst vielmehr auch alle fachmännischen Weiterbildungen im Rahmen der durch die Patentansprüche definierten Erfindung.

[0105] Neben den beschriebenen und abgebildeten Ausführungsformen sind weitere Ausführungsformen vorstellbar, welche weitere Abwandlungen sowie Kombinationen von Merkmalen umfassen können.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erkennung eines ersten Betriebszustandes einer Handwerkzeugmaschine (100), die Handwerkzeugmaschine (100) umfassend einen Elektromotor (180), das Verfahren umfassend den Schritt
 - S1 Ermitteln eines Signals einer Betriebsgröße (200) des Elektromotors (180); wobei das Verfahren **gekennzeichnet ist durch** die Schritte
 - S2 Vergleichen des Signals der Betriebsgröße (200) mit zumindest einer zustandstypischen Modellsignalform (240), wobei die zustandstypische Modellsignalform (240) dem ersten Betriebszustand zugeordnet ist; und
 - S3 Entscheiden, ob der erste Betriebszustand vorliegt, wobei die Entscheidung zumindest teilweise davon abhängt, ob in Schritt S2 die zustandstypische Modellsignalform (240) im Signal der Betriebsgröße (200) identifiziert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zustandstypische Modellsignalform (240) ein Schwingungsverlauf ist, insbesondere ein trigonometrischer Schwingungsverlauf.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Betriebsgröße eine Drehzahl des Elektromotors (180) oder eine mit der Drehzahl korrelierende Betriebsgröße ist.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Signal der Betriebsgröße (200) in Verfahrensschritt S1 als Zeitverlauf von Messwerten der Betriebsgröße aufgenommen wird, oder als Messwerte der Betriebsgröße als eine mit dem Zeitverlauf korrelierende Größe des Elektromotors (180).
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Signal der Betriebsgröße (200) in dem Verfahrensschritt S1 als Zeitverlauf von Messwerten der Betriebsgröße aufgenommen wird und in einem dem Verfahrensschritt folgenden Verfahrensschritt S1a eine Transformation des Zeitverlaufs der Messwerte der Betriebsgröße in einen Verlauf der Messwerte der Betriebsgröße als eine mit dem Zeitverlauf korrelierende Größe des Elektromotors (180) erfolgt.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Signal der Betriebsgröße (200) als Folge von Messwerten in einem Speicher, vorzugsweise einem Ringspeicher, insbesondere der Handwerkzeugmaschine (100), gespeichert wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Verfahrensschritt S1 eine Segmentierung der Messwerte derart durchgeführt wird, dass das Signal der Betriebsgröße (200) stets eine vorgegebene Anzahl an Messwerten umfasst.
8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Verfahrensschritt S2 das Signal der Betriebsgröße (200) mittels eines der Vergleichsverfahren umfassend zumindest ein frequenzbasiertes Vergleichsverfahren und/oder ein vergleichendes Vergleichsverfahren verglichen wird, wobei das Vergleichsverfahren das Signal der Betriebsgröße (200) mit dem zustandstypischen Modellsignalform (240) vergleicht, ob zumindest ein vorgegebener Schwellwert erfüllt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das frequenzbasierte Vergleichsverfahren zumindest die Bandpassfilterung und/oder die Frequenzanalyse umfasst, wobei der vorgegebene Schwellwert zumindest 85%, insbesondere 90%, ganz insbesondere 95%, eines vorgegebenen Grenzwerts beträgt.
10. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das vergleichende Vergleichsverfahren zumindest die Parameterschätzung und/oder die Kreuzkorrelation umfasst, wobei der vorgegebene Schwellwert zumindest 50% einer Übereinstimmung des Signals der Betriebsgröße (200) mit dem zustandstypischen Modellsignalform (240) beträgt.
11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Verfahrensschritt S2 einen nachfolgenden Verfahrensschritt S2a einer Gütebestimmung der Identifizierung der zustandstypischen Modellsignalform (240) und des Signals der Betriebsgröße (200) umfasst, wobei in Verfahrensschritt S3 die Entscheidung, ob der erste Betriebszustand vorliegt, zumindest teilweise anhand der Gütebestimmung erfolgt.
12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Verfahrensschritt S2 einen nachfolgenden Verfahrensschritt S2a einer Abweichungsbestimmung der Identifizierung der zustandstypischen Modellsignalform (240) und des Signals der Betriebsgröße (200) umfasst, wobei in Verfahrensschritt S3 die Entscheidung, ob der erste Betriebszustand vorliegt, zumindest teilweise anhand der Abweichungsbestimmung erfolgt.
13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Betriebszustand anhand von weniger als zehn Schlägen ei-

nes Schlagwerks der Handwerkzeugmaschine (100), insbesondere weniger als zehn Schlagschwingungsperioden des Elektromotors (180), bevorzugt weniger als sechs Schläge eines Schlagwerks der Handwerkzeugmaschine (100), insbesondere weniger als sechs Schlagschwingungsperioden des Elektromotors (180), ganz bevorzugt weniger als vier Schläge eines Schlagwerks der Handwerkzeugmaschine (100), insbesondere weniger als vier Schlagschwingungsperioden des Elektromotors (180), identifiziert wird.

14. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Handwerkzeugmaschine (100) eine Schlagschraubmaschine, insbesondere eine Drehschlagschraubmaschine, ist und der erste Betriebszustand ein Schlagbetrieb, insbesondere ein Drehschlagbetrieb, ist.
15. Handwerkzeugmaschine (100), umfassend einen Elektromotor (180), einen Messwertaufnehmer einer Betriebsgröße des Elektromotors (180), und eine Steuerungseinheit (370), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerungseinheit (370) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 13 eingerichtet ist.

Claims

1. Method for detecting a first operating state of a handheld power tool (100), the handheld power tool (100) including an electric motor (180), the method comprising the following step:
- S1 ascertaining a signal of an operating quantity (200) of the electric motor (180); wherein the method is **characterized by** the following steps:
- S2 comparing the signal of the operating quantity (200) with at least one state-typical model signal form (240), the state-typical model signal form (240) having been assigned to the first operating state; and
- S3 deciding whether the first operating state is present, the decision depending at least partially on whether the state-typical model signal form (240) is identified in the signal of the operating quantity (200) in step S2.
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the state-typical model signal form (240) is an oscillation curve, in particular a trigonometric oscillation curve.
3. Method according to Claim 1 or 2, **characterized in**

that the operating quantity is a speed of the electric motor (180) or an operating quantity correlating with the speed.

4. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the signal of the operating quantity (200) is recorded in method step S1 as a temporal progression of measured values of the operating quantity or as measured values of the operating quantity as a quantity of the electric motor (180) correlating with the temporal progression.
5. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the signal of the operating quantity (200) is recorded in method step S1 as a temporal progression of measured values of the operating quantity, and, in a method step S1a following the method step, the temporal progression of the measured values of the operating quantity is transformed into a progression of the measured values of the operating quantity as a quantity of the electric motor (180) correlating with the temporal progression.
6. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the signal of the operating quantity (200) is stored as a sequence of measured values in a memory, preferably a ring memory, in particular of the handheld power tool (100).
7. Method according to Claim 6, **characterized in that** in method step S1 the measured values are segmented in such a manner that the signal of the operating quantity (200) always comprises a predetermined number of measured values.
8. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** in method step S2 the signal of the operating quantity (200) is compared by means of one of the comparison methods encompassing at least one frequency-based comparison method and/or a comparative comparison method, the comparison method comparing the signal of the operating quantity (200) with the state-typical model signal form (240) in order to determine whether at least one predetermined threshold value is satisfied.
9. Method according to Claim 8, **characterized in that** the frequency-based comparison method encompasses at least bandpass filtering and/or frequency analysis, the predetermined threshold value amounting to at least 85%, in particular 90%, quite particularly 95%, of a predetermined limiting value.
10. Method according to Claim 8, **characterized in that** the comparative comparison method encompasses at least parameter estimation and/or crosscorrelation, the predetermined threshold value amounting

to at least 50% of a concordance of the signal of the operating quantity (200) with the state-typical model signal form (240).

11. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** method step S2 includes a subsequent method step S2a of a determination of the quality of the identification of the state-typical model signal form (240) and of the signal of the operating quantity (200), the decision in method step S3 as to whether the first operating state is present being made at least partially on the basis of the quality determination. 5
12. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** method step S2 includes a subsequent method step S2a of a determination of the deviation of the identification of the state-typical model signal form (240) and of the signal of the operating quantity (200), the decision in method step S3 as to whether the first operating state is present being made at least partially on the basis of the deviation determination. 10
13. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the first operating state is identified on the basis of fewer than ten impacts of an impact mechanism of the handheld power tool (100), in particular fewer than ten impact-oscillation periods of the electric motor (180), preferably fewer than six impacts of an impact mechanism of the handheld power tool (100), in particular fewer than six impact-oscillation periods of the electric motor (180), quite preferably fewer than four impacts of an impact mechanism of the handheld power tool (100), in particular fewer than four impact-oscillation periods of the electric motor (180). 15
14. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the handheld power tool (100) is an impact wrench, in particular a rotary impact wrench, and the first operating state is an impact mode, in particular a rotary impact mode. 20
15. Handheld power tool (100) including an electric motor (180), a pick-up for a measured value of an operating quantity of the electric motor (180) and a control unit (370), **characterized in that** the control unit (370) has been set up to implement the method according to one of Claims 1 to 13. 25

Revendications

1. Procédé de reconnaissance d'un premier état de fonctionnement d'un outil électrique portatif (100), l'outil électrique portatif (100) comprenant un moteur électrique (180), le procédé comprenant l'étape 30

S1 détermination d'un signal d'une grandeur de fonctionnement (200) du moteur électrique (180) ;

le procédé étant **caractérisé par** les étapes

S2 comparaison du signal de la grandeur de fonctionnement (200) à au moins un modèle de forme de signal (240) typique de l'état, le modèle de forme de signal (240) typique de l'état étant associé au premier état de fonctionnement ;

et

S3 décision si le premier état de fonctionnement est présent, la décision dépendant au moins en partie de l'identification, à l'étape S2, du modèle de forme de signal (240) typique de l'état dans le signal de la grandeur de fonctionnement (200).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le modèle de forme de signal (240) typique de l'état est un tracé d'oscillation, notamment un tracé d'oscillation trigonométrique. 30
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la grandeur de fonctionnement est une vitesse de rotation du moteur électrique (180) ou une grandeur de fonctionnement en corrélation avec la vitesse de rotation. 35
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le signal de la grandeur de fonctionnement (200) à l'étape S1 est enregistré en tant qu'évolution dans le temps de valeurs de mesure de la grandeur de fonctionnement, ou en tant que valeurs de mesure de la grandeur de fonctionnement comme une grandeur du moteur électrique (180) corrélée à l'évolution dans le temps. 40
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le signal de la grandeur de fonctionnement (200) à l'étape S1 est enregistré en tant qu'évolution dans le temps de valeurs de mesure de la grandeur de fonctionnement et, dans une étape S1a qui suit l'étape, une transformation est effectuée de l'évolution dans le temps des valeurs de mesure de la grandeur de fonctionnement en une évolution des valeurs de mesure de la grandeur de fonctionnement en tant que grandeur du moteur électrique (180) corrélée à l'évolution dans le temps. 45
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le signal de la grandeur de fonctionnement (200) est mémorisé dans une mémoire, de préférence une mémoire annulaire, notamment de l'outil électrique portatif (100), sous la forme d'une séquence de valeurs de mesure. 50
7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce**

- que** dans l'étape 51, une segmentation des valeurs de mesure est effectuée de telle sorte que le signal de la grandeur de fonctionnement (200) comprend toujours un nombre prédéterminé de valeurs de mesure.
- 5
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** dans l'étape S2, le signal de la grandeur de fonctionnement (200) est comparé au moyen de l'un des procédés de comparaison comprenant au moins un procédé de comparaison basé sur la fréquence et/ou un procédé de comparaison comparatif, le procédé de comparaison comparant le signal de la grandeur de fonctionnement (200) au modèle de forme de signal (240) typique de l'état afin de déterminer si au moins une valeur seuil prédéfinie est satisfaite.
- 10
9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** le procédé de comparaison basé sur la fréquence comprend au moins le filtrage passe-bande et/ou l'analyse de fréquence, la valeur de seuil prédéfinie étant au moins égale à 85 %, notamment à 90 %, tout particulièrement à 95 %, d'une valeur limite prédéfinie.
- 20
10. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** le procédé de comparaison comparatif comprend au moins l'estimation de paramètres et/ou la corrélation croisée, la valeur de seuil prédéfinie étant d'au moins 50 % d'une concordance du signal de la grandeur de fonctionnement (200) avec le modèle de forme de signal (240) typique de l'état.
- 25
- 30
11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'étape S2 comprend une étape suivante S2a d'une détermination de la qualité de l'identification du modèle de forme de signal (240) typique de l'état et du signal de la grandeur de fonctionnement (200), la décision de la présence du premier état de fonctionnement étant prise à l'étape S3 au moins en partie à l'aide de la détermination de la qualité.
- 35
- 40
12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'étape S2 comprend une étape suivante S2a d'une détermination d'écart de l'identification du modèle de forme de signal (240) typique de l'état et du signal de la grandeur de fonctionnement (200), la décision de la présence du premier état de fonctionnement étant prise à l'étape S3 au moins en partie à l'aide de la détermination d'écart.
- 45
- 50
13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le premier état de fonctionnement est identifié à l'aide de moins de dix coups d'un mécanisme de percussion de l'outil électrique portatif (100), en particulier moins de dix périodes d'oscillation de percussion du moteur électrique (180), de préférence moins de six coups d'un mécanisme de percussion de l'outil électrique portatif (100), en particulier moins de six périodes d'oscillation de percussion du moteur électrique (180), particulièrement de préférence moins de quatre périodes d'oscillation de percussion de l'outil électrique portatif (100), notamment moins de quatre périodes d'oscillation de percussion du moteur électrique (180).
14. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'outil électrique portatif (100) est une visseuse à percussion, en particulier une perceuse-visseuse à percussion, et le premier état de fonctionnement est un fonctionnement à percussion, notamment un fonctionnement en perçage à percussion.
15. Outil électrique portatif (100), comprenant un moteur électrique (180), un capteur de mesure d'une grandeur de fonctionnement du moteur électrique (180), et une unité de commande (370), **caractérisée en ce que** l'unité de commande (370) est conçue pour mettre en oeuvre le procédé selon l'une des revendications 1 à 13.
- 55

Fig. 1

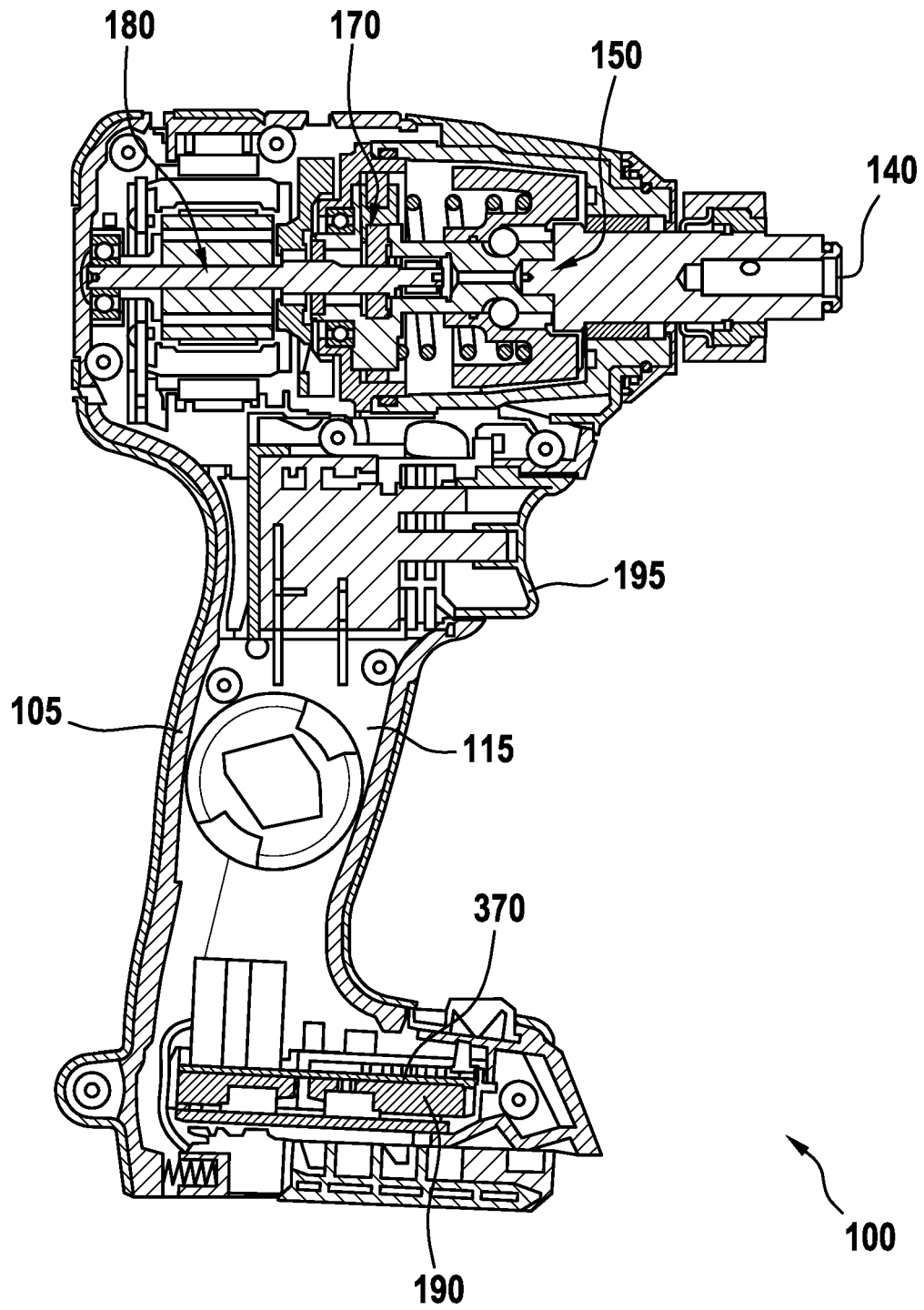


Fig. 2(a)

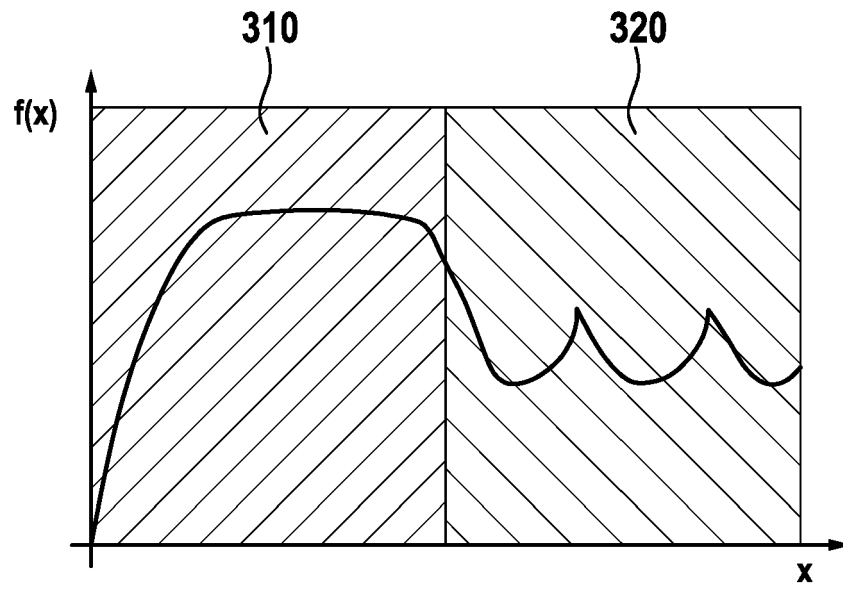


Fig. 2(b)

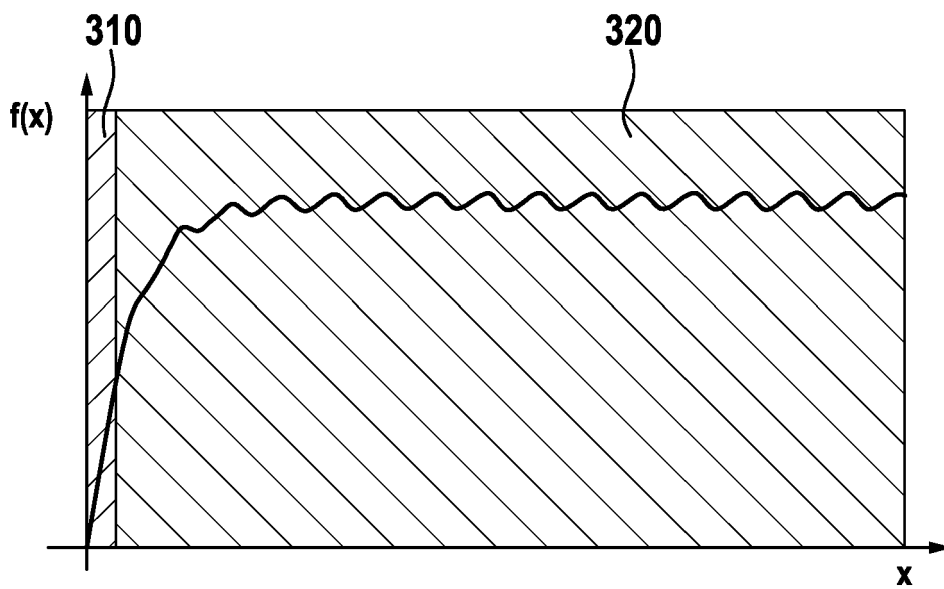


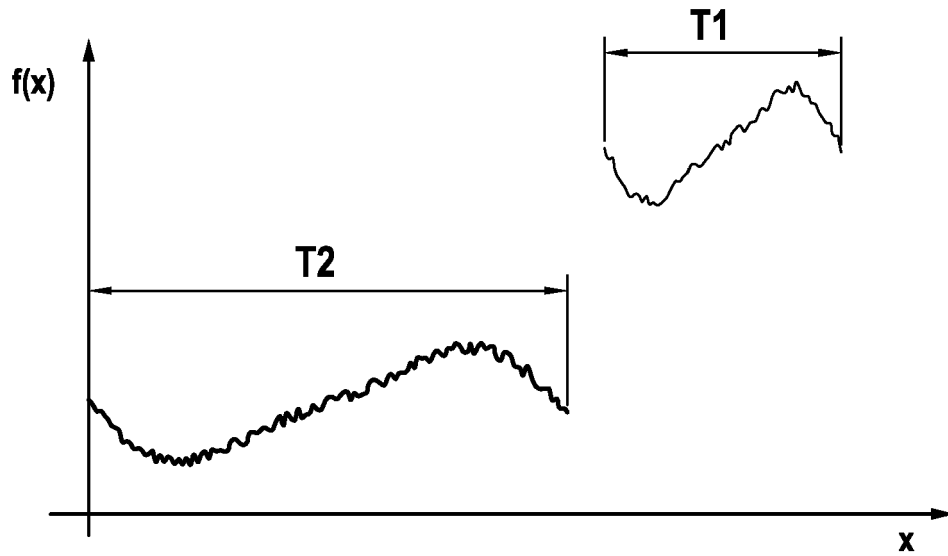
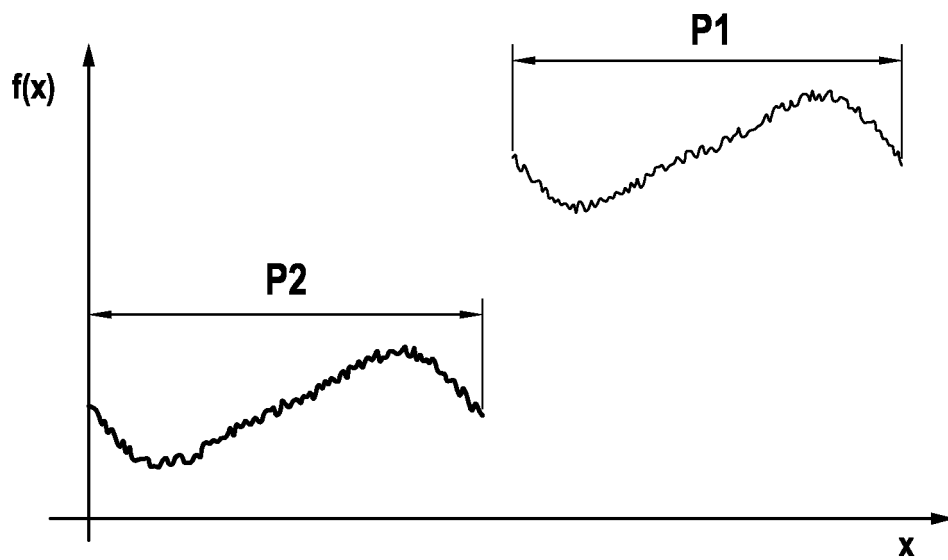
Fig. 3(a)**Fig. 3(b)**

Fig. 4

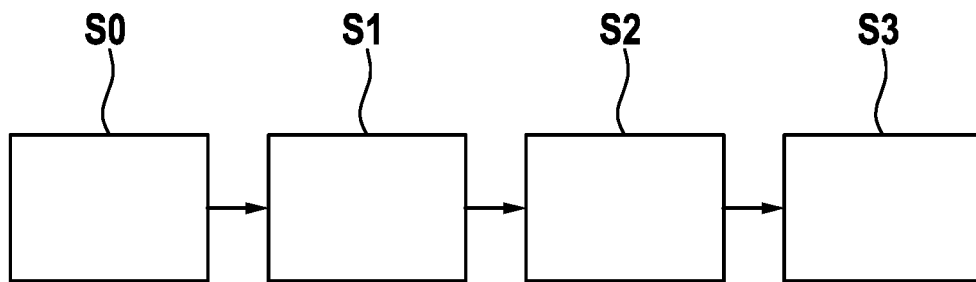


Fig. 5(a)

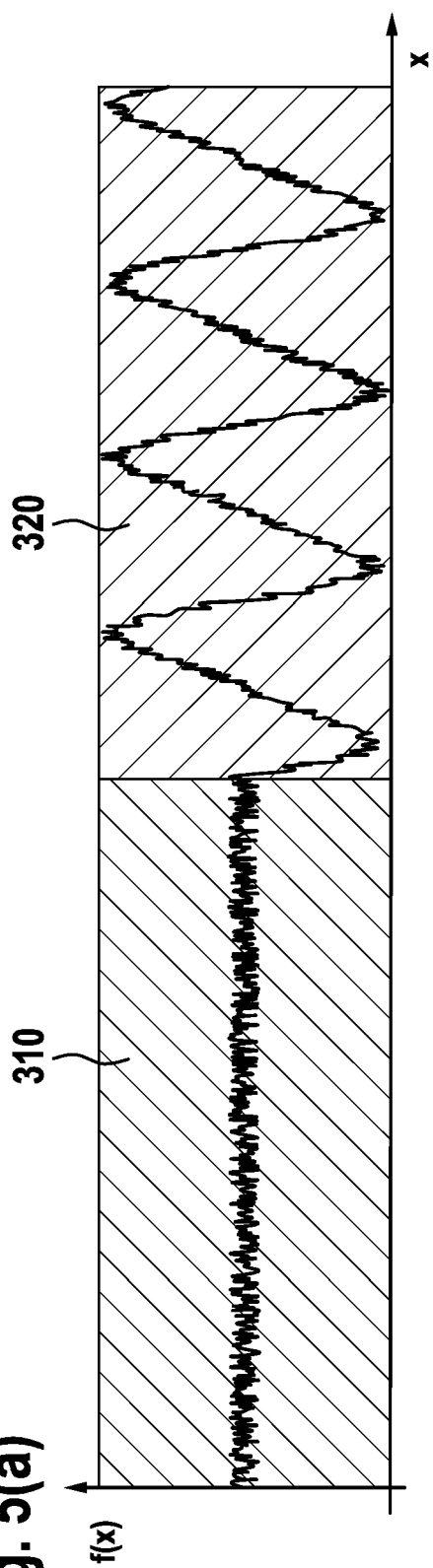


Fig. 5(b)

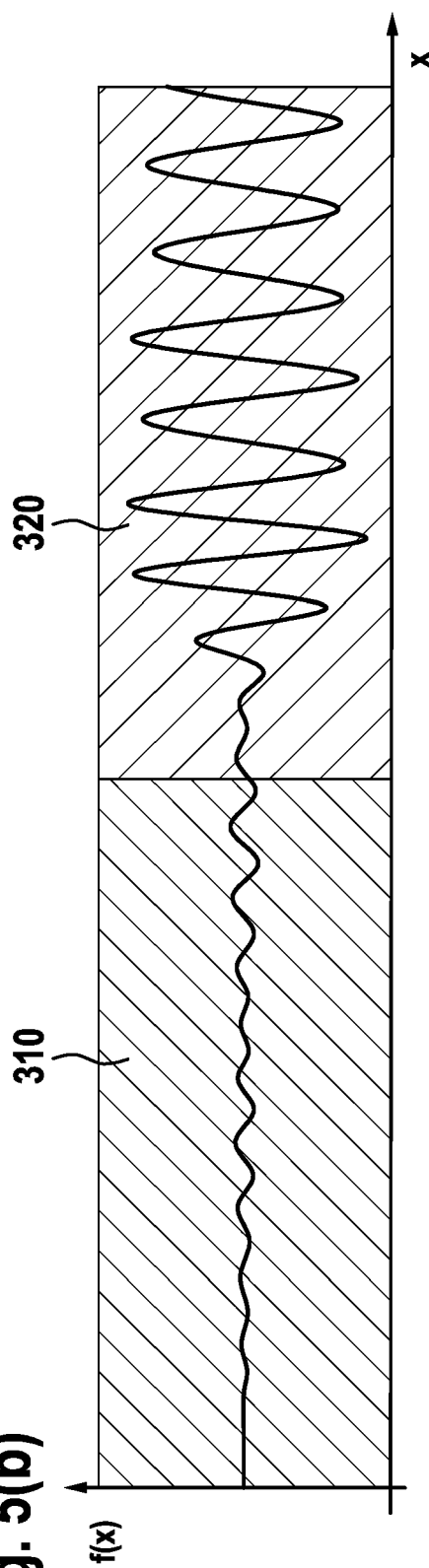


Fig. 6(a)

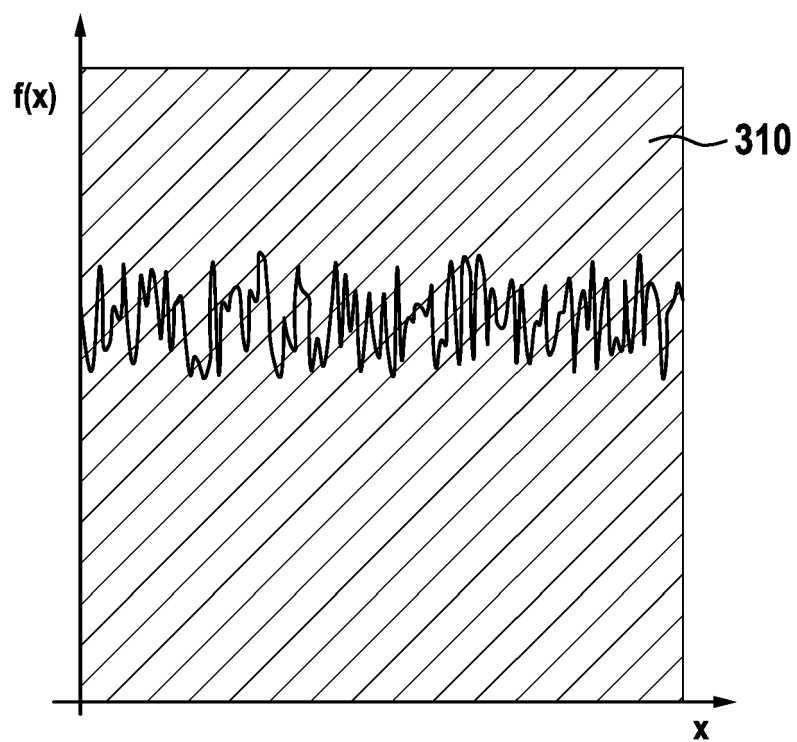


Fig. 6(b)

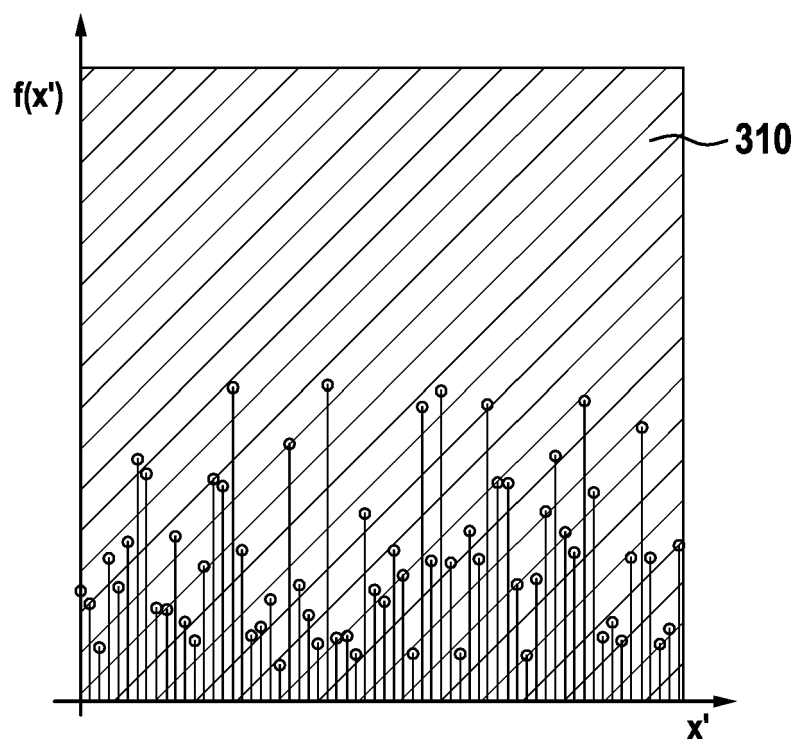


Fig. 6(c)

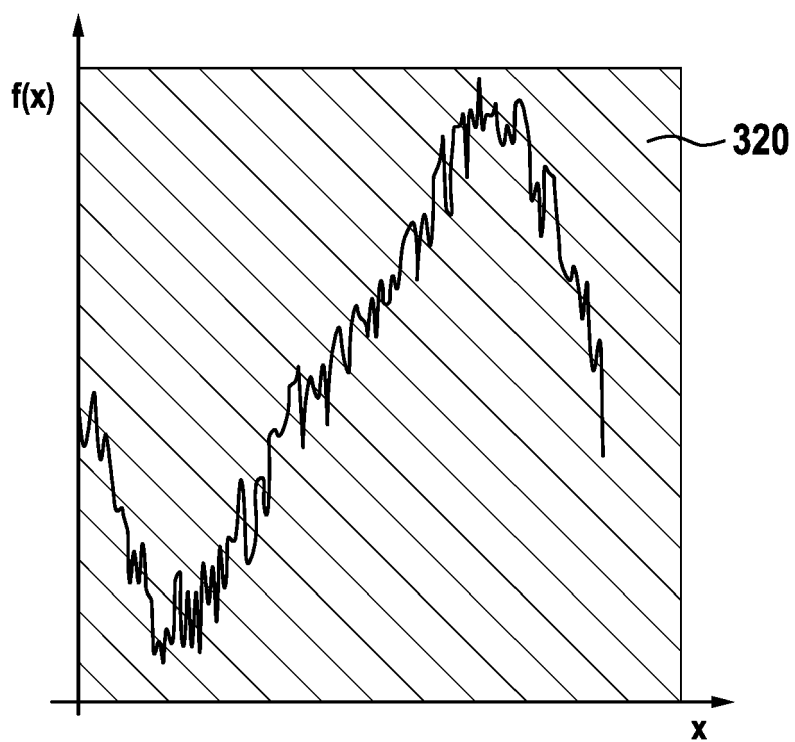


Fig. 6(d)

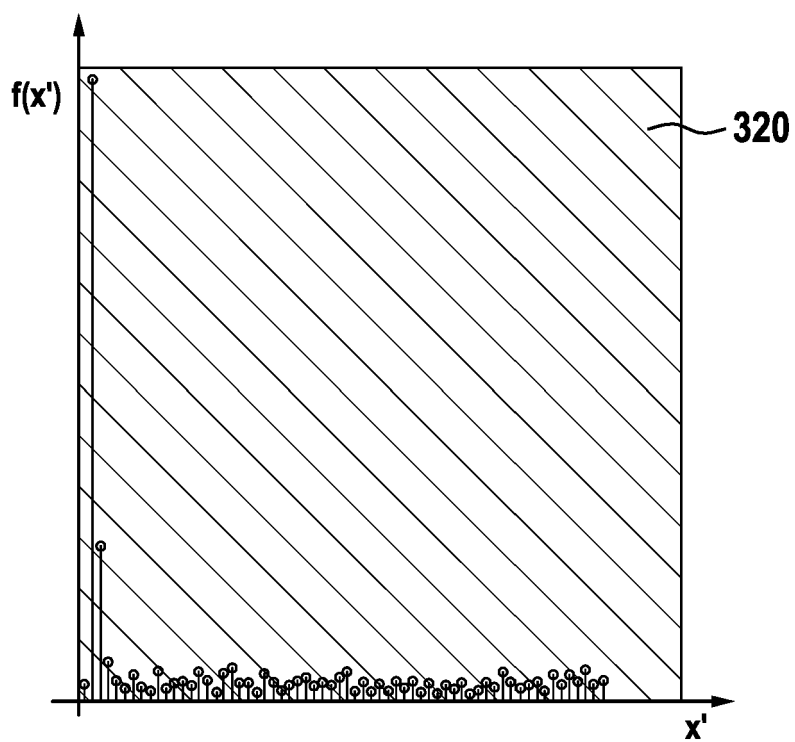


Fig. 7(a)

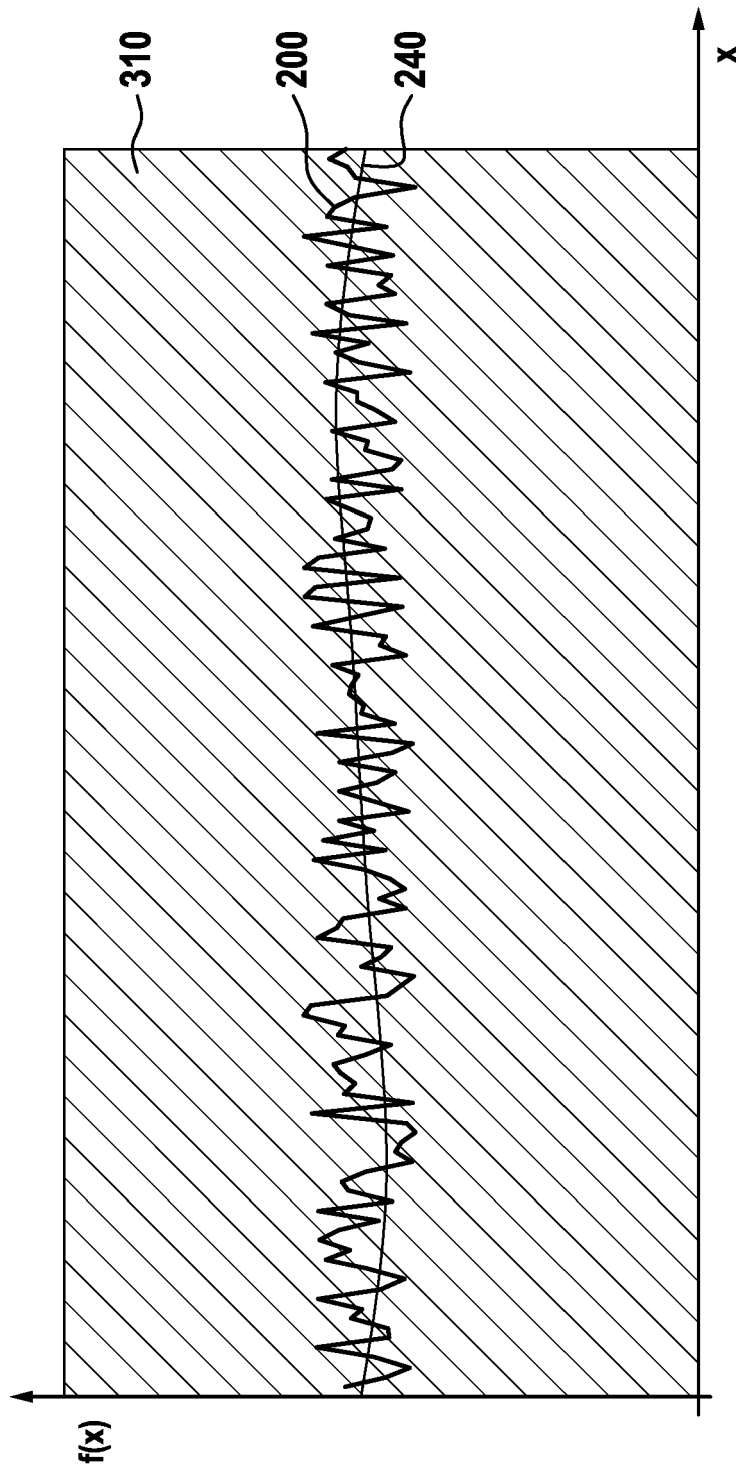


Fig. 7(b)

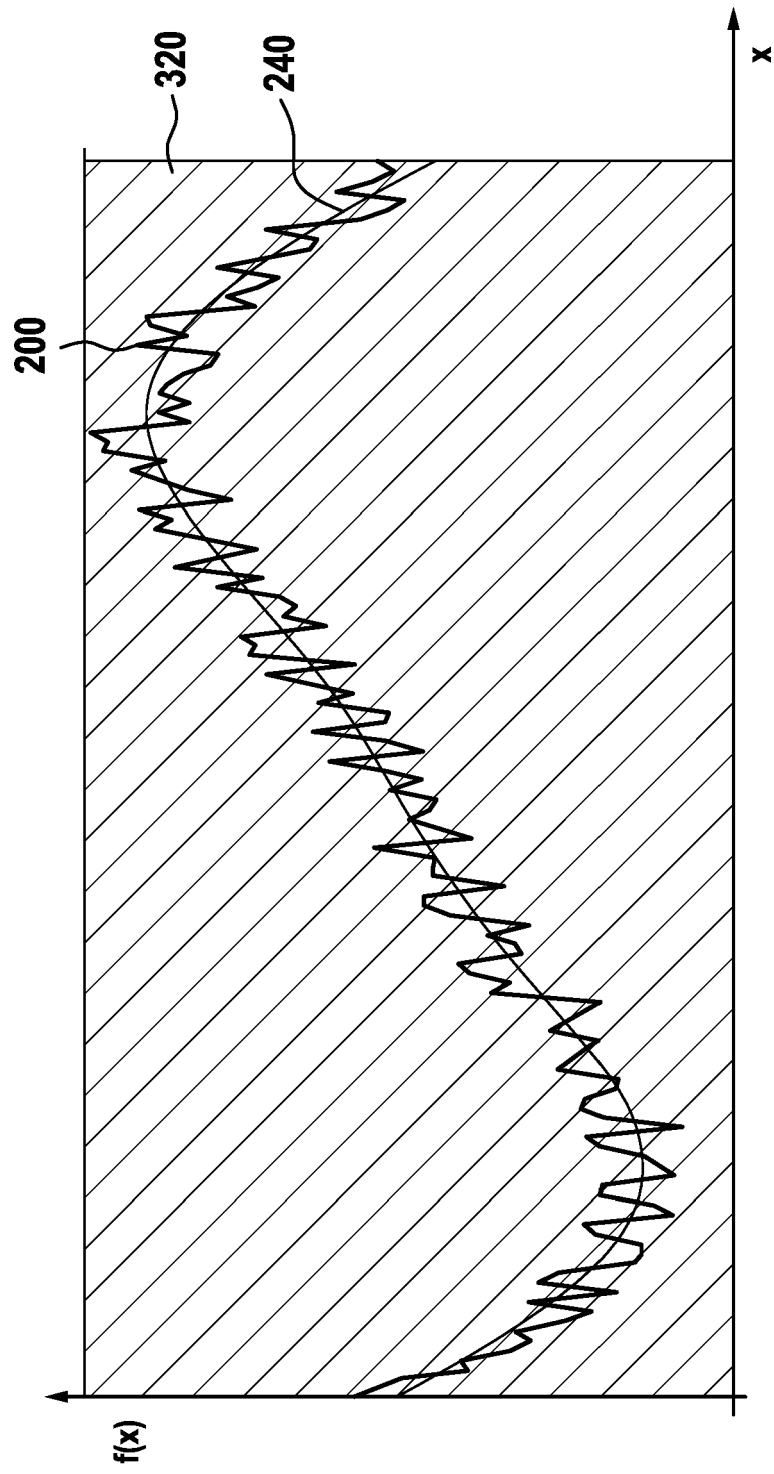


Fig. 8(a)

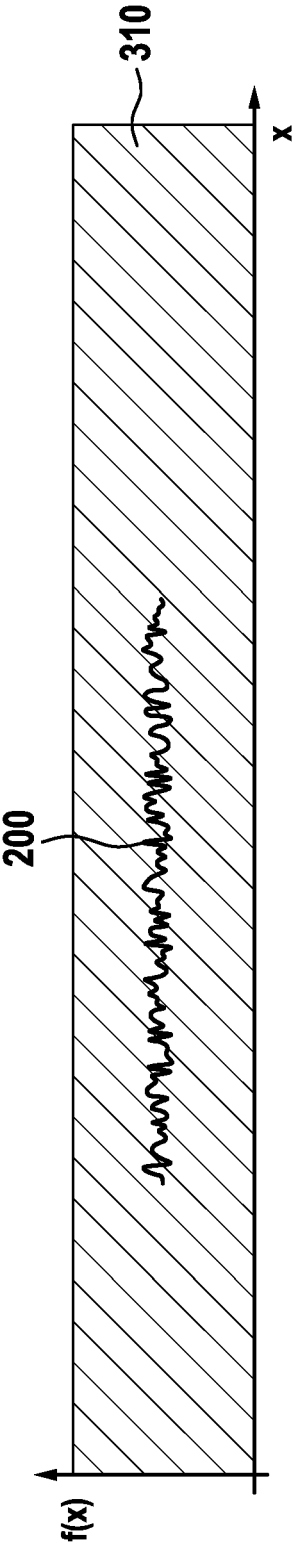


Fig. 8(b)

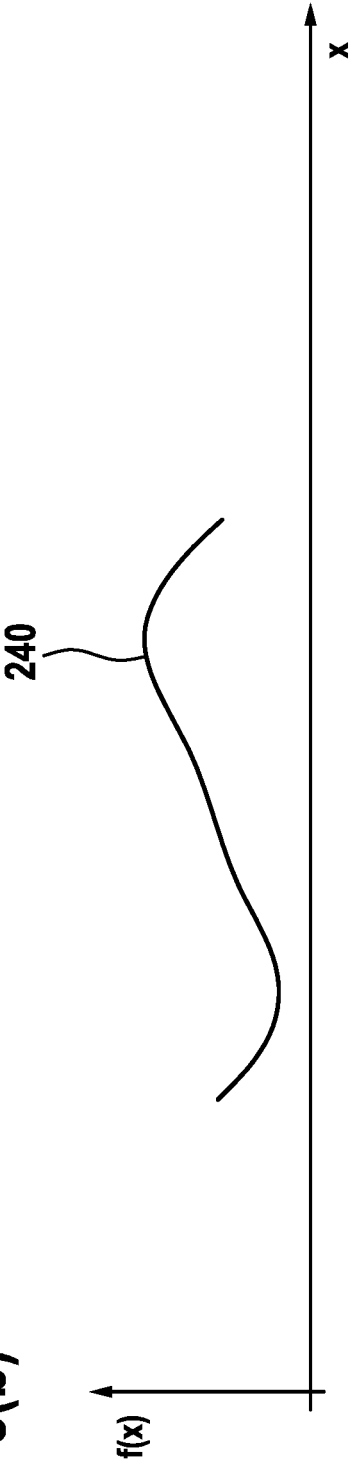


Fig. 8(c)

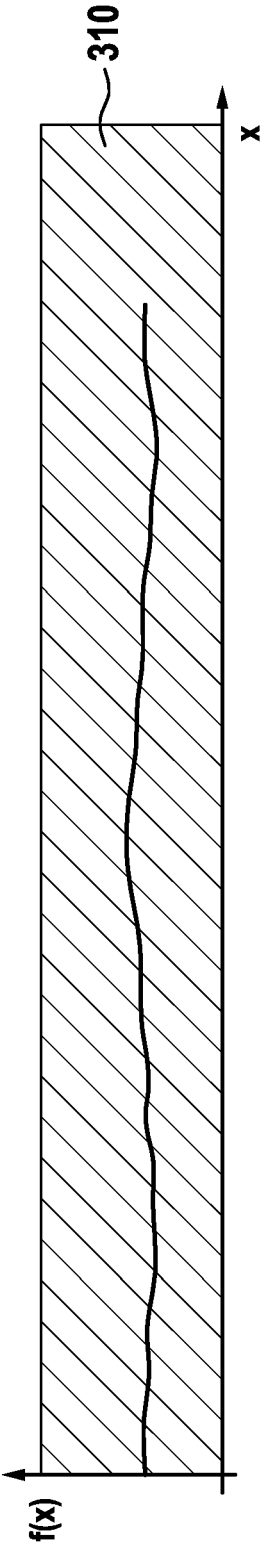


Fig. 8(d)

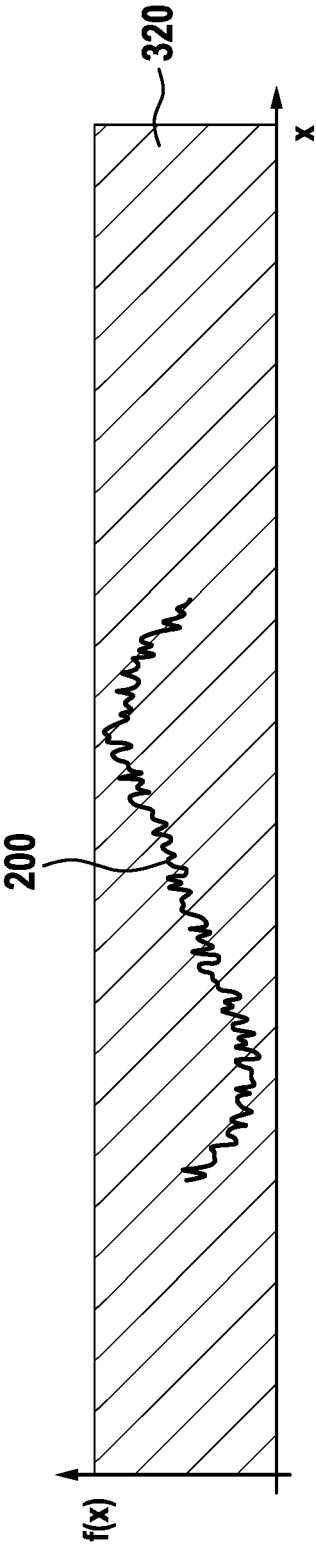


Fig. 8(e)

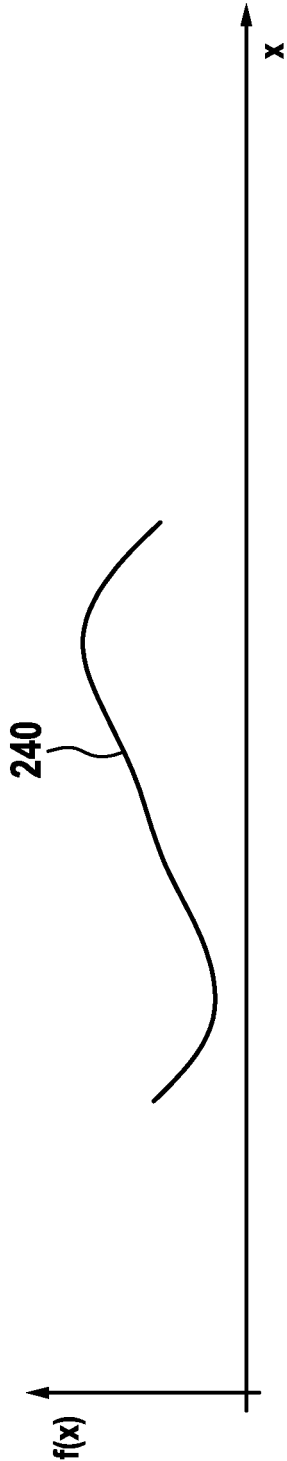
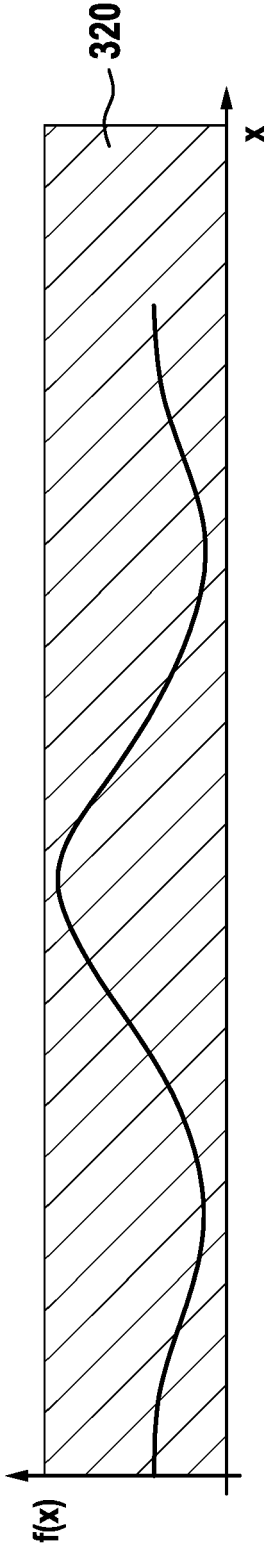


Fig. 8(f)



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

- EP 3381615 A1 [0002]
- EP 1398119 A1 [0003]
- DE 102013212506 A1 [0004]
- WO 2013174594 A1 [0005]
- EP 2599589 B1 [0006]