

(19)



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 4 368 346 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
15.05.2024 Patentblatt 2024/20

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B25B 23/147 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 23203789.5

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B25B 23/1475

(22) Anmeldetag: 16.10.2023

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:
BA

Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(30) Priorität: 08.11.2022 DE 102022210619

(71) Anmelder: **Robert Bosch GmbH
70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:

- **Herr, Tobias
70569 Stuttgart (DE)**

- **Herberger, Wolfgang
70186 Stuttgart (DE)**
- **Schuller, Marcus
72135 Dettenhausen (DE)**
- **Erbele, Simon
71154 Nufringen (DE)**

Bemerkungen:

Ein Antrag gemäss Regel 139 EPÜ auf Berichtigung von Seite 17 der Beschreibung liegt vor. Über diesen Antrag wird im Laufe des Verfahrens vor der Prüfungsabteilung eine Entscheidung getroffen (Richtlinien für die Prüfung im EPA, A-V, 3.).

(54) VERFAHREN ZUM BETRIEB EINER HANDWERKZEUGMASCHINE

(57) Verfahren zum Betrieb einer Handwerkzeugmaschine, insbesondere einer Drehschlagschraubmaschine, die Handwerkzeugmaschine umfassend einen Elektromotor, das Verfahren umfassend die Verfahrensschritte

S1

Auswählen einer Anwendungsklasse in Abhängigkeit zumindest einer Härte- und/oder Festigkeitseigenschaft eines Substrats, in welchem eine Verschraubung erfolgen soll;

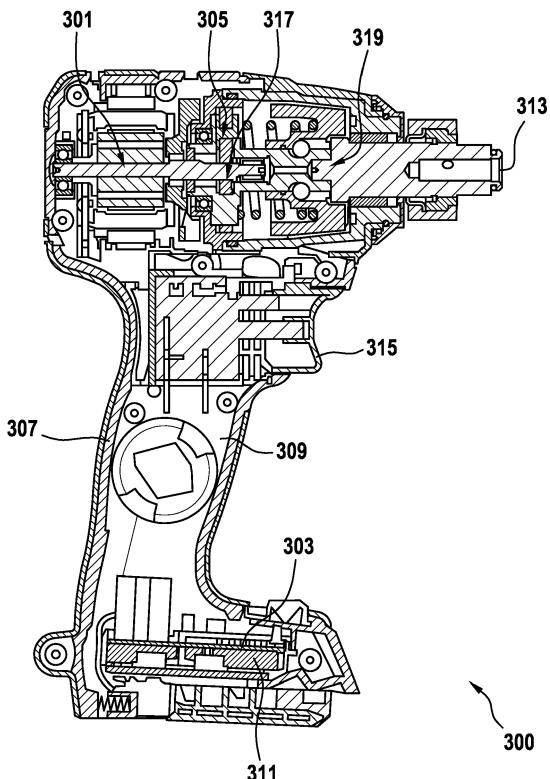
S2

Auswählen eines Betriebsmodus aus einer Betriebsmodusgruppe umfassend einen ersten Betriebsmodus und einen zweiten Betriebsmodus, zumindest teilweise auf Grundlage der Anwendungsklasse;

wobei der erste Betriebsmodus ein erstes maximales Drehmomentniveau des Elektromotors je Anwendungsklasse aufweist und der zweite Betriebsmodus ein zweites maximales Drehmomentniveau je Anwendungsklasse.

Ferner wird eine Handwerkzeugmaschine, insbesondere eine Schlagschraubmaschine, mit einem Elektromotor und einer Steuerungseinheit offenbart, wobei die Steuerungseinheit zur Ausführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens ausgelegt ist.

Fig. 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Handwerkzeugmaschine, und eine zur Durchführung des Verfahrens eingerichtete Handwerkzeugmaschine. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Einschrauben oder Ausschrauben eines Gewindemittels mit einer Handwerkzeugmaschine, bevorzugterweise mit einer Schlagschraubmaschine.

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 angetriebenen Hammer, einen Amboss, welcher durch den Hammer geschlagen wird, und ein Werkzeug. Bei dem Drehschlagschrauber wird der in einem Gehäuse eingebaute Motor elektrisch 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] Aus der DE 20 2017 0035 90 ist auch ein elektrisch angetriebenes Werkzeug mit einem Schlagmechanismus bekannt, wobei der Hammer durch den Motor angetrieben wird.

[0004] Im Bereich der Drehschlagschrauber versucht man im Bereich derjenigen Geräte, die klassischerweise mit einem Sechskant-Bit betrieben werden, ein immer größeres Abgabedrehmoment zu erreichen, um im meistens gebrauchten Arbeitsfall, dem so genannten "weichen" Schraubfall in Holz und insbesondere Nadelholz, einen schnellen Arbeitsfortschritt mit einem maximalen Moment zu erzielen. Die weiche Schraubunterlage setzt den hohen Drehmomenten hierbei wenig Widerstand entgegen, und die auf das Gerät und den Bit wirkenden Reaktionskräfte sind entsprechend gering und stellen kein Problem bezüglich der Festigkeit der bei Bit und Handwerkzeugmaschine verwendeten Materialien dar.

[0005] Wird mit einem solcherart optimierten Gerät jedoch eine "harte" Verschraubung in beispielsweise Hartholz, Metall oder Beton durchgeführt, kommt es bei hohen Drehmomenten aufgrund des hohen Widerstands in der Schraubunterlage und der direkten Rückwirkung auf den Bit sehr schnell zu einer Beschädigung desselben, was im ungünstigsten Fall sogar zu einem Abreißen des Bits führen kann. Dies ist nachteilig, weil der Bit ersetzt werden muss und die abgebrochenen Reste oftmals im Gerät beziehungsweise im Schraubenkopf stecken bleiben, was umständliche und teilweise langwierige Austauscharbeiten erforderlich macht. Auch aus dem Blickwinkel der Arbeitssicherheit stellt ein abreißender Bit und der hieraus resultierende unvorhergesehene Ruck sowie der plötzliche Verlust des Kontakts zwischen Handwerkzeugmaschine und Befestigungsmittel ein zu vermeidendes Ereignis dar.

[0006] Eine ähnliche Problematik kann auch bei Geräten mit Vierkant-Werkzeugaufnahme auftreten, wenn diese mit Aufsätzen eingesetzt werden, die beispielsweise eine Torx-Verschraubung ermöglichen. Auch hier bricht im harten Schraubfall der Aufsatz sehr schnell ab, wenn die Drehmomentenbelastung die Kapazität des Aufsatzes überschreitet.

[0007] Bekannt ist ebenfalls, dass das erreichbare Drehmoment eines Schlagschraubers von der Dreh- bzw. Schlagzahl und der Schlagdauer abhängig ist und ein Begrenzen eines dieser oder beider Parameter maßgeblich dazu beiträgt, die Belastung auf das Gerät und das Einsatzwerkzeug maßgeblich zu reduzieren.

[0008] Bei der Verwendung von Drehschlagschraubern ist benutzerseitig jedoch ohnehin ein hohes Maß an Konzentration auf den Arbeitsfortschritt erforderlich, um bei Wechsel bestimmter Maschinencharakteristiken, beispielsweise dem Ein- bzw. Aussetzen des Schlagwerkes, entsprechend zu reagieren, etwa den Elektromotor zu stoppen und/oder eine Veränderung der Drehzahl über den Handschalter durchzuführen. Da benutzerseitig oft nicht schnell genug oder nicht angemessen auf einen Arbeitsfortschritt reagiert werden kann, kann es bei der Verwendung von Drehschlagschraubern bei Einschraubvorgängen zu der genannten Problematik des Abreißens des Bits kommen.

[0009] Es ist daher generell erwünscht, den Betrieb weitergehend zu automatisieren und durch entsprechende, maschinenseitig ausgelöste Routinen des Gerätes den Benutzer zu entlasten und somit zuverlässig reproduzierbare Ein- und Ausschraubvorgänge hoher Qualität zu erzielen.

[0010] Prinzipiell existiert die Problematik, eine Überlastung von Werkzeugen beziehungsweise Werkzeugaufsätzen zu vermeiden sowie einen Betrieb weitestgehend zu automatisieren, auch bei anderen Handwerkzeugmaschinen wie etwa Schlagbohrmaschinen, sodass die Erfindung nicht auf Drehschlagschrauber begrenzt ist. Im Weiteren wird die Erfindung jedoch am Beispiel eines Drehschlagschraubers näher erläutert.

55

Offenbarung der Erfindung

[0011] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein gegenüber dem Stand der Technik verbessertes Verfahren zum

Betrieb einer Handwerkzeugmaschine 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.

[0012] Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, dem Benutzer eine Handwerkzeugmaschine zur Verfügung zu stellen, die es ihm erlaubt, im weichen Schraubfall die volle Drehzahl, das volle Drehmoment, und damit die volle Leistung zur Verfügung zu haben, während er mit demselben Gerät im harten Schraubfall mit reduzierter Drehzahl und reduziertem Drehmoment arbeiten kann, um ein Abbrechen der Bits zu vermeiden.

[0013] Diese Aufgaben werden mittels des jeweiligen Gegenstands der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand von jeweils abhängigen Unteransprüchen.

[0014] Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zum Betrieb einer Handwerkzeugmaschine offenbart, wobei die Handwerkzeugmaschine einen Elektromotor aufweist. Dabei umfasst das Verfahren die Schritte:

- S1 Auswählen einer Anwendungsklasse in Abhängigkeit zumindest einer Härte- und/oder Festigkeitseigenschaft eines Substrats, in welchem eine Verschraubung erfolgen soll;
- S2 Auswählen eines Betriebsmodus aus einer Betriebsmodusgruppe umfassend einen ersten Betriebsmodus und einen zweiten Betriebsmodus, zumindest teilweise auf Grundlage der Anwendungsklasse;

wobei der erste Betriebsmodus ein erstes durch die Handwerkzeugmaschine abgegebenes maximales Drehmomentniveau je Anwendungsklasse aufweist und der zweite Betriebsmodus ein zweites maximales Drehmomentniveau je Anwendungsklasse.

[0015] Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird ein Benutzer der Handwerkzeugmaschine effektiv bei der Erzielung reproduzierbar hochqualitativer Anwendungsergebnisse unterstützt, wobei sichergestellt werden kann, dass stets mit einem der jeweiligen Anwendungsklasse angemessenen Drehmomentniveau gearbeitet wird. Insbesondere kann verhindert werden, dass durch ein zu hohes Drehmoment Beschädigungen an einem Werkzeugbit auftreten.

[0016] Unter einer Anwendungsklasse ist in dieser Offenbarung im weitesten Sinne der Einsatz der Handwerkzeugmaschine für einen bestimmten Verwendungszweck zu verstehen. Bei einer Drehschlagschraubmaschine kann die Anwendungsklasse beispielsweise durch eine Eigenschaft des Materials bestimmt sein, welches das Substrat, in welchem die Verschraubung erfolgen soll, oder mit anderen Worten, den Schraubuntergrund, bildet. In diesem Fall können beispielsweise die Anwendungsklassen "harter Schraubfall" und "weicher Schraubfall" definiert werden, je nachdem, ob der Schraubuntergrund als "hart" oder "weich" kategorisiert wird.

[0017] Als "harten" Schraubuntergrund würde man beispielsweise Hartholz, Metall, oder Beton bezeichnen, während ein "weicher" Schraubuntergrund beispielsweise durch Weichholz oder bestimmte Kunststoffe gebildet wird. Die bestimmende Materialeigenschaft zur Unterscheidung zwischen den Anwendungsklassen "harter" und "weicher" Schraubfall wäre also beispielsweise die Oberflächenhärte des Schraubuntergrunds.

[0018] Andere Parameter, durch welche unterschiedliche Anwendungsklassen definiert sein könnten, könnten etwa die Lagerung des Schraubuntergrunds (lose aufliegend oder eingespannt), eine Dicke des Schraubuntergrunds, und/oder eine Montagesituation sein (etwa Überkopfarbeiten).

[0019] Unter einem Betriebsmodus ist im Rahmen der vorliegenden Offenbarung eine Voreinstellung eines oder mehrerer Parameter zu verstehen, welche den Betrieb der Handwerkzeugmaschine, und insbesondere das Niveau des Drehmoments, welches die Handwerkzeugmaschine abgibt, bestimmen oder beeinflussen. Solche Parameter können beispielsweise eine maximale Drehzahl des Elektromotors und/oder eine maximale Schlagdauer sein, während welcher der Amboss Schläge auf einen Schraubenzkopf abgibt.

[0020] In Ausführungsformen der Erfindung liegt je Anwendungsklasse das jeweilige erste maximale Drehmomentniveau höher als das entsprechende zweite maximale Drehmomentniveau. Entsprechend wird in Teilen dieser Offenbarung der zweite Betriebsmodus auch als "Schonmodus" bezeichnet, da mit dem im Verhältnis zum ersten Betriebsmodus niedrigeren Drehmomentniveau eine reduzierte Belastung der am Einschraubprozess beteiligten Komponenten auf Maschinen-, Werkzeug-, und Verbindungsseitseite einhergeht.

[0021] Je Anwendungsklasse kann das jeweilige zweite maximale Drehmomentniveau gegenüber dem entsprechenden ersten Drehmomentniveau durch eine geringere Drehzahl des Elektromotors und/oder eine geringere Schlagdauer gekennzeichnet sein.

[0022] Vorteilhafterweise kann in Schritt S2 bei Vorliegen der Anwendungsklasse weicher Schraubfall der erste Betriebsmodus ausgewählt werden und bei Vorliegen der Anwendungsklasse harter Schraubfalls der zweite Betriebsmodus.

[0023] In Schritt S1 kann das Auswählen der Anwendungsklasse durch einen Benutzer erfolgen, wahlweise über eine Anwendungssoftware ("App"), die auf einem externen Gerät installiert ist, beispielsweise einem Smartphone, einem Tablet, oder einem Computer, und/oder eine Benutzerschnittstelle an der Handwerkzeugmaschine (100) ("Human-Machine Interface", "HMI").

[0024] In ähnlicher Weise kann das Auswählen des Betriebsmodus in Schritt S2 durch einen Benutzer erfolgen, wahlweise über eine Anwendungssoftware ("App") und/oder eine Benutzerschnittstelle an der Handwerkzeugmaschine (100) ("Human-Machine Interface", "HMI").

5 [0025] Alternativ hierzu kann in Schritt S2 das Auswählen des Betriebsmodus zumindest teilweise automatisch erfolgen. Unter "teilweise automatisch" wird hierbei verstanden, dass einem Benutzer auf der Grundlage einer maschinellen Auswertung, die im Weiteren noch detailliert wird, ein Betriebsmodus vorgeschlagen wird, den der Benutzer dann bestätigen oder ablehnen kann. Bei einer automatischen Auswahl wird der Benutzer bei der Festlegung des Betriebsmodus nicht nach einer solchen Bestätigung gefragt.

10 [0026] Entsprechend kann in Schritt S1 das Auswählen der Anwendungsklasse zumindest teilweise automatisch erfolgen. Es gilt hier sinngemäß, dass ein teilweise automatisches Auswählen bedeutet, dass der Benutzer einem maschinenseitigen Vorschlag zustimmen oder diesen ablehnen kann. Bei einer automatischen Auswahl wird der Benutzer bei der Festlegung der Anwendungsklasse nicht nach einer solchen Bestätigung gefragt.

[0027] In Schritt S1 kann das Auswählen der Anwendungsklasse die folgenden Schritte umfassen:

- 15 S1.1 Ermitteln eines Signals einer Betriebsgröße des Elektromotors;
 S1.5 Auswählen der Anwendungsklasse zumindest teilweise anhand des Signals der Betriebsgröße.

20 [0028] Hierbei wird ausgenutzt, dass bestimmte Charakteristika einer Schraubunterlage, wie beispielsweise ihre Oberflächenhärte, Einfluss auf bestimmte Betriebsgrößen des Elektromotors wie etwa seine Drehzahl haben, was sich wiederum an den entsprechenden Signalen dieser Betriebsgrößen niederschlägt.

[0029] Zur Auswertung der Signale der Betriebsgröße kann das Verfahren die folgenden Verfahrensschritte umfassen:

25 S1.2 Bereitstellen zumindest einer Modellsignalform, wobei die Modellsignalform einer der Anwendungsklassen zuordenbar ist;

S1.3 Vergleichen des Signals der Betriebsgröße mit der Modellsignalform und Ermitteln einer Übereinstimmungsbewertung aus dem Vergleich;

30 S1.4 Erkennen der Anwendungsklasse zumindest teilweise anhand der in Verfahrensschritt S1.3 ermittelten Übereinstimmungsbewertung.

[0030] Vorteilhaftweise werden mehrere Modellsignalformen verschiedener Anwendungsklassen in Verfahrensschritt S1.2 vordefiniert, insbesondere werksseitig festgelegt. Grundsätzlich ist denkbar, dass die Modellsignalformen geräteintern hinterlegt oder gespeichert sind, alternativ und/oder zusätzlich der Handwerkzeugmaschine bereitgestellt werden, und insbesondere von einem externen Datengerät bereitgestellt werden.

[0031] Bevorzugterweise ist die Modellsignalform ein Schwingungsverlauf, etwa ein Schwingungsverlauf um einen Mittelwert, insbesondere ein im Wesentlichen trigonometrischer Schwingungsverlauf.

[0032] In Verfahrensschritt S1.3 kann das Signal der Betriebsgröße mittels eines Vergleichsverfahrens dahingehend mit den Modellsignalformen verglichen werden, ob zumindest ein vorgegebener Schwellwert der Übereinstimmung erfüllt wird.

[0033] Bevorzugterweise umfasst in Schritt 1.3 das Vergleichsverfahren zumindest ein frequenzbasiertes Vergleichsverfahren und/oder ein vergleichendes Vergleichsverfahren.

[0034] Dabei kann zumindest teilweise mittels dem frequenzbasierten Vergleichsverfahren, insbesondere einer Bandpassfilterung und/oder einer Frequenzanalyse, die Entscheidung getroffen werden, ob eine bestimmte Anwendungsklasse, im Folgenden auch als "zu erkennende" Anwendungsklasse bezeichnet, im Signal der Betriebsgröße identifiziert wurde.

[0035] In einer Ausführungsform umfasst das frequenzbasierte Vergleichsverfahren zumindest die Bandpassfilterung und/oder die Frequenzanalyse, wobei der vorgegebene Schwellwert zumindest 90%, insbesondere 95%, ganz insbesondere 98%, eines vorgegebenen Grenzwerts beträgt.

50 [0036] In der Bandpassfilterung wird beispielsweise das aufgenommene Signal der Betriebsgröße über einen Bandpass, dessen Durchlassbereich mit der Modellsignalform übereinstimmt, gefiltert. Eine entsprechende Amplitude im resultierenden Signal ist bei Vorliegen der maßgeblichen zu erkennenden Anwendungsklasse zu erwarten. Der vorgegebene Schwellwert der Bandpassfilterung kann daher zumindest 90%, insbesondere 95%, ganz insbesondere 98%, der entsprechenden Amplitude in der zu erkennenden Anwendungsklasse sein. Der vorgegebene Grenzwert kann hierbei die entsprechende Amplitude im resultierenden Signal einer idealen zu erkennenden Anwendungsklasse sein.

[0037] Durch das bekannte frequenzbasierte Vergleichsverfahren der Frequenzanalyse kann die zuvor festgelegte Modellsignalform, beispielsweise ein Frequenzspektrum der zu erkennenden Anwendungsklasse, in den aufgenommenen Signalen der Betriebsgröße gesucht werden. In den aufgenommenen Signalen der Betriebsgröße ist eine entspre-

chende Amplitude zu erkennenden Anwendungsklasse zu erwarten. Der vorgegebene Schwellwert der Frequenzanalyse kann zumindest 90%, insbesondere 95%, ganz insbesondere 98%, der entsprechenden Amplitude der zu erkennenden Anwendungsklasse, sein. Der vorgegebene Grenzwert kann hierbei die entsprechende Amplitude in den aufgenommenen Signalen einer zu erkennenden Anwendungsklasse sein. Dabei kann eine angemessene Segmentierung des aufgenommenen Signals der Betriebsgröße notwendig sein.

[0038] In einer Ausführungsform umfasst das vergleichende Vergleichsverfahren zumindest eine Parameterschätzung und/oder eine Kreuzkorrelation, wobei der vorgegebene Schwellwert zumindest 40% einer Übereinstimmung des Signals der Betriebsgröße mit der Modellsignalform beträgt.

[0039] Das gemessene Signal der Betriebsgröße kann mit der Modellsignalform mittels des vergleichenden Vergleichsverfahrens verglichen werden. Das gemessene Signal der Betriebsgröße wird derart ermittelt, dass es im Wesentlichen dieselbe endliche Signallänge wie jene der Modellsignalform aufweist. Der Vergleich der 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 oder einer Abweichung des Vergleichs, kann ein Ergebnis ausgegeben werden, ob die zu erkennende Anwendungsklasse vorliegt. Wenn das gemessene Signal der Betriebsgröße zumindest zu 40% mit der Modellsignalform übereinstimmt, kann die zu erkennende Anwendungsklasse vorliegen. Zudem ist denkbar, dass das vergleichende Verfahren mittels des Vergleichs des gemessenen Signals der Betriebsgröße mit der Modellsignalform einen Grad eines Vergleichs zueinander als Ergebnis des Vergleichs ausgeben kann. Hierbei kann der Vergleich von zumindest 60% zueinander als ein Kriterium für ein Vorliegen zu erkennenden Anwendungsklasse sein. Dabei ist davon auszugehen, dass die untere Grenze für die Übereinstimmung bei 40% und die obere Grenze für die Übereinstimmung bei 90% liegt.

[0040] Bei der Parameterschätzung kann auf einfache Weise ein Vergleich zwischen der zuvor festgelegten Modellsignalform und dem Signal der Betriebsgröße erfolgen. Hierzu können geschätzte Parameter der Modellsignalform identifiziert werden, um die Modellsignalform dem gemessenen Signal der Betriebsgrößen anzulegen. Mittels eines Vergleichs zwischen den geschätzten Parametern der zuvor festgelegten Modellsignalform und einem Grenzwert, kann ein Ergebnis zum Vorliegen der zu erkennenden Anwendungsklasse ermittelt werden. Anschließend kann eine weitere Bewertung des Ergebnisses des Vergleichs erfolgen, ob der vorgegebene Schwellwert erreicht wurde. Diese Bewertung kann entweder eine Gütebestimmung der geschätzten Parameter oder die Übereinstimmung zwischen der festgelegten Modellsignalform und dem erfassten Signal der Betriebsgröße sein.

[0041] In einer weiteren Ausführungsform enthält Verfahrensschritt S1.3 einen Schritt S1.3a einer Gütebestimmung der Identifizierung der Modellsignalform im Signal der Betriebsgröße, wobei in Verfahrensschritt S1.4 das Erkennen der Anwendungsklasse zumindest teilweise anhand der Gütebestimmung erfolgt. Als ein Maß der Gütebestimmung kann eine Anpassungsgüte der geschätzten Parameter ermittelt werden.

[0042] In Verfahrensschritt S1.4 kann zumindest teilweise mittels der Gütebestimmung, insbesondere des Maßes der Güte, eine Entscheidung getroffen werden, ob die zu erkennende Anwendungsklasse im Signal der Betriebsgröße identifiziert wurde.

[0043] Zusätzlich oder alternativ zur Gütebestimmung kann Verfahrensschritt S1.3a eine Vergleichsbestimmung der Identifizierung der Modellsignalform und dem Signal der Betriebsgröße umfassen. Der Vergleich der geschätzten Parameter der Modellsignalform zum gemessenen Signal der Betriebsgröße kann beispielsweise 70%, insbesondere 60%, ganz insbesondere 50%, betragen. In Verfahrensschritt S1.4 erfolgt die Entscheidung, ob die zu erkennende Anwendungsklasse vorliegt, zumindest teilweise anhand der Vergleichsbestimmung. Die Entscheidung zum Vorliegen der zu erkennenden Anwendungsklasse kann bei dem vorgegebenen Schwellwert von zumindest 40% Übereinstimmung des gemessenen Signals der Betriebsgröße und der Modellsignalform erfolgen.

[0044] Bei einer Kreuzkorrelation kann ein Vergleich zwischen der zuvor festgelegten Modellsignalform und dem gemessenen Signal der Betriebsgröße erfolgen. Bei der Kreuzkorrelation kann die zuvor festgelegte Modellsignalform mit dem gemessenen Signal der Betriebsgröße korreliert werden. Bei einer Korrelation der 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 S1.4 des erfindungsgemäßen Verfahrens kann das Erkennen der Anwendungsklasse zumindest teilweise anhand der Kreuzkorrelation der Modellsignalform mit dem gemessenen Signal der Betriebsgröße erfolgen. Das Erkennen kann dabei zumindest teilweise anhand des vorgegebenen Schwellwerts von zumindest 40% Übereinstimmung des gemessenen Signals der Betriebsgröße und der Modellsignalform erfolgen.

[0046] In einer Ausführungsform ist der Schwellwert der Übereinstimmung durch einen Benutzer der Handwerkzeugmaschine festlegbar und/oder werkseitig vordefiniert.

[0047] Dabei wird im Wesentlichen auf, insbesondere zusätzliche, Sensoreinheiten zur Erfassung der werkzeuginternen Messgrößen, wie beispielsweise eine Beschleunigungssensoreinheit, verzichtet.

[0048] Um das Verfahren noch flexibler zu machen, kann es den folgenden Verfahrensschritt umfassen:

SM Ausführen einer Maschinenlernphase anhand zumindest zweier oder mehrerer Beispieldaten, wobei die

Beispielanwendungen verschiedene Anwendungsklassen abdecken;

wobei das Auswählen der Anwendungsklasse in Schritt S1.5 zumindest teilweise auf der Grundlage von in der Maschinenlernphase gelernten Anwendungsklassen erfolgt.

5 [0049] Derart ist es beispielsweise möglich, dass ein Benutzer durch die Auswahl entsprechender Beispielanwendungen die Auswahl der Anwendungsklasse verbessert und/oder weitere, benutzerspezifische Anwendungsklassen einer Auswahl zugänglich macht.

10 [0050] Der Verfahrensschritt SM kann also weiterhin ein Speichern und Klassifizieren von den Beispielanwendungen zugeordneten Signalen der Betriebsgröße in zumindest einer oder mehreren Anwendungsklassen umfassen, und Generierung von den Anwendungsklassen zugeordneten Modellsignalformen aus den Signalen der Betriebsgröße.

15 [0051] Dabei können die Beispielanwendungen durch den Benutzer der Handwerkzeugmaschine ausgeführt und/oder von einer Datenbank eingelesen werden.

20 [0052] Die Betriebsgröße kann die Drehzahl des Elektromotors oder eine mit der Drehzahl korrelierende Betriebsgröße sein. Durch das starre Übersetzungsverhältnis von Elektromotor zum Schlagwerk ergibt sich beispielsweise eine direkte Abhängigkeit von Motordrehzahl zur Schlagfrequenz. Eine weitere denkbare mit der Drehzahl korrelierende Betriebsgröße ist der Motorstrom. Als Betriebsgröße des Elektromotors sind auch eine Motorspannung, ein Hallignal des Motors, ein Batteriestrom oder eine Batteriespannung denkbar, wobei als die Betriebsgröße auch eine Beschleunigung des Elektromotors, eine Beschleunigung einer Werkzeugaufnahme oder ein Schallsignal eines Schlagwerks der Handwerkzeugmaschine denkbar ist.

25 [0053] Der Ansatz zur Erkennung der Anwendungsklassen über Betriebsgrößen in den werkzeuginternen Messgrößen, wie beispielsweise die Drehzahl des Elektromotors, erweist sich als besonders vorteilhaft, da mit dieser Methode die Anwendungsklasse zuverlässig und weitgehend unabhängig vom allgemeinen Betriebszustand des Werkzeugs bzw. dessen Anwendungsfall erfolgt.

30 [0054] Das Signal der Betriebsgröße kann in Verfahrensschritt S1.1 als Zeitverlauf von Messwerten der Betriebsgröße aufgenommen werden, oder als Messwerte der Betriebsgröße als eine mit dem Zeitverlauf korrelierende Größe des Elektromotors.

35 [0055] Als mit dem Zeitverlauf korrelierende Größen des Elektromotors können beispielsweise eine Beschleunigung, einen Ruck, insbesondere höherer Ordnung, eine Leistung, eine Energie, ein Drehwinkel des Elektromotors, ein Drehwinkel der Werkzeugaufnahme, oder eine Frequenz sein.

40 [0056] In der letztgenannten Ausführungsform kann gewährleistet werden, dass sich eine gleichbleibende Periodizität des zu untersuchenden Signals unabhängig von der Motordrehzahl ergibt.

45 [0057] Wird das Signal der Betriebsgröße in Verfahrensschritt S1.1 als Zeitverlauf von Messwerten der Betriebsgröße aufgenommen, erfolgt in einem dem Verfahrensschritt S1.1 folgenden Schritt S1.1a auf Basis eines 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. Somit ergeben sich wiederum dieselben Vorteile wie bei der direkten Aufnahme des Signals der Betriebsgröße über die Zeit.

50 [0058] 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.

55 [0059] In einer weiteren Ausführungsform wird das Signal der Betriebsgröße als Folge von Messwerten in einem Speicher, vorzugsweise einem Ringspeicher, insbesondere der Handwerkzeugmaschine, gespeichert.

60 [0060] Einen weiteren Gegenstand der Erfindung bildet eine Handwerkzeugmaschine, aufweisend einen Elektromotor, einen Messwertaufnehmer einer Betriebsgröße des Elektromotors, und eine Steuerungseinheit, wobei vorteilhafterweise die Handwerkzeugmaschine eine Schlagschraubmaschine, insbesondere eine Drehschlagschraubmaschine, ist, und die Handwerkzeugmaschine zur Durchführung des vorstehend beschriebenen Verfahrens eingerichtet ist.

65 [0061] Der Elektromotor der Handwerkzeugmaschine versetzt eine Eingangsspinde in Rotation, und eine Ausgangsspinde ist mit der Werkzeugaufnahme verbunden. Ein Amboss ist drehfest mit der Ausgangsspinde verbunden und ein Hammer ist derart mit der Eingangsspinde verbunden, dass er infolge der Drehbewegung der Eingangsspinde eine intermittierende Bewegung in axialer Richtung der Eingangsspinde sowie eine intermittierende rotatorische Bewegung um die Eingangsspinde 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 Ausgangsspinde 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 übermittelt.

70 [0062] Vorteilhafterweise weist die Handwerkzeugmaschine eine Speichereinheit auf, in der diverse Werte gespeichert werden können.

75 [0063] In einer weiteren Ausführungsform ist die Handwerkzeugmaschine eine akkubetriebene Handwerkzeugma-

schine, insbesondere ein akkubetriebener Drehschlagschrauber. Auf diese Weise ist eine flexible und netzunabhängige Benutzung der Handwerkzeugmaschine gewährleistet.

[0064] Vorteilhafterweise ist die Handwerkzeugmaschine eine Schlagschraubmaschine, insbesondere eine Drehschlagschraubmaschine.

5 [0065] 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 100ms, insbesondere weniger als 60ms, ganz insbesondere weniger als 40ms, ermöglicht werden kann.

10 [0066] Durch die vorliegende Erfindung ist ein weitestgehender Verzicht auf aufwändige Methoden der Signalverarbeitung wie z.B. Filter, Signalrückschleifen, Systemmodelle (statische sowie adaptive) und Signalnachführungen möglich.

15 [0067] Darüber hinaus erlauben diese Methoden eine noch schnellere Identifikation des Schlagbetriebs bzw. der Anwendungsklassen, 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. Des Weiteren ist das Funktionieren des Algorithmus auch unabhängig von weiteren Einflussgrößen wie bspw. Solldrehzahl und Akkuladezustand.

20 [0068] 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.

25 [0069] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Handwerkzeugmaschine ein Akku-Schrauber, eine Bohrmaschine, eine Schlagbohrmaschine oder ein Bohrhammer, wobei als Werkzeug ein Bohrer, eine Bohrkrone 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 Herausschrauben 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.

30 [0070] 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.

35 [0071] 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.

40 [0072] 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 der gleichen 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%.

45 [0073] 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.

Zeichnungen

50 [0074] Die Erfindung wird im Folgenden anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Die Zeichnungen sind schematisch und zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer elektrischen Handwerkzeugmaschine;

55 Fig. 2 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 3 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 4 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

- Fig. 5 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 6 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;
- 5 Fig. 7 Verlauf eines Signals einer Betriebsgröße und einer Funktion einer Übereinstimmung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 98 eine schematische Darstellung zweier verschiedener Aufzeichnungen des Signals der Betriebsgröße;
- 10 Fig. 9(a) ein Signal einer Betriebsgröße;
- Fig. 9(b) eine Amplitudenfunktion einer ersten, in dem Signal der Fig. 10(a) enthaltenen Frequenz.
- 15 Fig. 9(c) eine Amplitudenfunktion einer zweiten, in dem Signal der Fig. 10(a) enthaltenen Frequenz.
- Fig. 10 eine gemeinsame Darstellung eines Signals einer Betriebsgröße und einer Ausgabe einer Frequenzanalyse, basierend auf einem Modellsignal;
- 20 Fig. 11 eine gemeinsame Darstellung eines Signals einer Betriebsgröße und eines Modellsignals für die Parameterschätzung;
- Fig. 12 eine gemeinsame Darstellung eines Signals einer Betriebsgröße und eines Modellsignals für die Kreuzkorrelation, und
- 25 Fig. 13 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

[0075] 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 Akkudrehschlagschrauber ausgebildet. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass die vorliegende Erfindung nicht auf Akku-Drehschlagschrauber beschränkt ist, sondern prinzipiell bei Handwerkzeugmaschinen 100 bei denen die Erkennung eines Arbeitsfortschrittes notwendig ist, wie etwa Schlagbohrmaschinen, seine Anwendung finden kann.

[0076] 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 Getriebegang x oder dergleichen auf diese einwirkt.

[0077] 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 hinsichtlich 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 Knaptheit der Beschreibung auf eine eingehende Beschreibung verzichtet wird.

[0078] 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.

[0079] 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.

[0080] Ferner können nicht im Detail dargestellte Bedienelemente vorgesehen sein, um verschiedene Betriebsmodi und/oder die Drehrichtung des Elektromotors 180 einzustellen.

[0081] Gemäß einem Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zum Betrieb der Handwerkzeugmaschine 100 bereitgestellt, mittels dessen eine Überlastung bestimmter Komponenten oder Erweiterungen der Handwerkzeugmaschine 100, beispielsweise eine Überlastung eines von der Werkzeugaufnahme 140 aufgenommenes Werkzeugbit, verhindert

werden kann.

[0082] Grundgedanke ist der, in einem Schritt S1 eine Anwendungsklasse in Abhängigkeit zumindest einer Härte- und/oder Festigkeitseigenschaft eines Substrats oder einer Schraubunterlage, in welchem eine Verschraubung erfolgen soll, auszuführen, und in einem Schritt S2 einen Betriebsmodus aus einer Betriebsmodusgruppe umfassend einen ersten Betriebsmodus und einen zweiten Betriebsmodus, zumindest teilweise auf Grundlage der Anwendungsklasse auszuwählen.

[0083] Hierbei weist der erste Betriebsmodus ein erstes durch die Handwerkzeugmaschine 100 abgegebenes Drehmomentniveau je Anwendungsklasse auf und der zweite Betriebsmodus ein zweites maximales Drehmomentniveau je Anwendungsklasse.

[0084] Dadurch ist es möglich, in Abhängigkeit vom Anwendungsfall, der durch die Anwendungsklasse ausgewählt wird, mit optimiertem maximalen Drehmoment zu arbeiten und so eine Überlastung beispielsweise des Werkzeugbits oder anderer sensibler Komponenten der Handwerkzeugmaschine 100 zu verhindern. Der Betriebsmodus, der ein gegenüber dem jeweils anderen Betriebsmodus ein geringeres Drehmomentniveau je Anwendungsklasse aufweist, wird im Folgenden daher auch als "Schonmodus" bezeichnet.

[0085] Wie bereits weiter oben beschrieben, kann die Anwendungsklasse beispielsweise durch eine Eigenschaft des Materials bestimmt sein, welches den Schraubuntergrund bildet, und in Ausführungsformen der Erfindung ist ein "harter Schraubfall" und "weicher Schraubfall" definiert, je nachdem, ob der Schraubuntergrund "hart" oder "weich" ist.

[0086] Als "harter" Schraubuntergrund wird für den Zweck der vorliegenden Offenbarung beispielsweise Hartholz, Metall, oder Beton angesehen, während Beispiele für einen "weichen" Schraubuntergrund Weichholz oder bestimmte Kunststoffe umfassen.

[0087] Figur 2 zeigt ein Flussdiagramm einer Ausführungsform des Verfahrens, bei welcher ein Benutzer die Handwerkzeugmaschine 100 über eine Software ("App"), die auf einem Endgerät wie beispielsweise einem Computer, einem Smartphone, oder einem Tablet ausgeführt wird, so konfigurieren kann, dass sie im Schonmodus läuft.

[0088] Bei 200 ist die Steuerungseinheit 370 der Handwerkzeugmaschine 100 mit der auf dem entsprechenden Endgerät ausgeführten App verbunden, beispielsweise über eine Funkverbindung. Durch eine entsprechende Benutzeroberfläche der App ist es möglich, aus einer Gruppe von Anwendungsklassen eine Anwendungsklasse und aus einer Betriebsmodusgruppe einen Betriebsmodus auszuwählen.

[0089] Hierzu wählt der Benutzer bei 202 in Verfahrensschritt S1 eine Anwendungsklasse aus, etwa die Anwendungsklasse "weicher Schraubfall" oder die Anwendungsklasse "harter Schraubfall", letztere beispielsweise in der App repräsentiert durch die Anwendung "Metallschraube".

[0090] In der in Figur 2 gezeigten Ausführungsform erfolgt das Auswählen des Betriebsmodus in Schritt S2 ebenfalls durch den Benutzer erfolgt über die App.

[0091] Zu diesem Zweck wählt er bei 204 in Verfahrensschritt S2 beispielsweise den zweiten Betriebsmodus aus, der wie bereits erwähnt ein Schonmodus ist. Dies bewirkt bei 206, dass das maximale Drehmomentniveau der Handwerkzeugmaschine 100 unabhängig von allen anderen Einstellungen, die der Benutzer gegebenenfalls vornehmen kann, gegenüber einem maximalen Drehmomentniveau, welches bei Auswahl des ersten Betriebsmodus möglich ist, reduziert wird.

[0092] Im weiteren Betrieb der Handwerkzeugmaschine können unter anderem die folgenden weiteren Verfahrensschritte ausgeführt werden:

Der Benutzer kann bei 20610 den Schonmodus deaktivieren. In diesem Fall wechselt die Maschine wieder automatisch in den ersten Betriebsmodus.

[0093] Alternativ dazu kann der Benutzer die Handwerkzeugmaschine bei 20620 mit einem anderen Endgerät, beispielsweise mit einem anderen Smartphone, verbinden. In diesem Fall erfolgt eine Abfrage über die App, die auf dem neuen Endgerät ausgeführt wird, ob die in der Handwerkzeugmaschine 100 gespeicherten Einstellungen übernommen oder überschrieben werden sollen. In dem Fall, dass der Benutzer "Übernehmen" auswählt, werden die in der Steuerungseinheit 370 gespeicherten Einstellungen bei 20622 in der App übernommen, und in dem Fall, dass der Benutzer "Überschreiben" auswählt, werden die in der Steuerungseinheit 370 der Handwerkzeugmaschine 100 gespeicherten Einstellungen durch die App durch voreingestellte Einstellungen überschrieben.

[0094] Wird bei 20630 der Akkupack 190 der Handwerkzeugmaschine 100 für einen definierten kurzen Zeitraum entfernt, beispielsweise für die Zeitdauer eines Akkupackwechsels, bleibt die vom Anwender vorgenommene Auswahl der Anwendungsklasse und des Betriebsmodus bei 20631 aktiv.

[0095] Wird hingegen bei 20640 der Akkupack 190 für einen Zeitraum entfernt, der einen definierten, für einen "kurzen Zeitraum" festgelegten Grenzwert übersteigt, wobei dieser Grenzwert beispielsweise 30s, 60s, oder 5 Minuten sein kann, wird die vom Anwender vorgenommene Auswahl der Anwendungsklasse und des Betriebsmodus durch voreingestellte Einstellungen überschrieben.

[0096] Auf diese Weise ist durch bewusstes benutzerseitiges Einstellen des Schonmodus die Handwerkzeugmaschine 100 anwendungs- beziehungsweise anwenderspezifisch so konfigurierbar, dass im weichen Schraubfall mit maximaler Leistung gearbeitet wird, während im harten Schraubfall mit reduzierter Leistung, aber auf die Festigkeit des Einsatz-

werkzeuges optimiert, gearbeitet werden kann.

[0097] Figur 3 zeigt eine Ausführungsform, in welcher der Benutzer bestimmte weitere Einstellungen in der App vornehmen kann, was im Folgenden näher erläutert wird. Wie auch in der in Figur 2 gezeigten Ausführungsform erfolgt das Auswählen der Anwendungsklasse in Schritt S1 sowie das Auswählen des Betriebsmodus in Schritt S2 durch den Benutzer, und zwar über die App.

[0098] Für die Schritte in Figur 3, die identische Referenznummern aufweisen wie die in anhand Figur 2 beschriebenen Schritte, gelten die obigen Ausführungen zu Figur 2 entsprechend. So ist beispielsweise bei 200 die Steuerungseinheit 370 der Handwerkzeugmaschine 100 mit der auf dem entsprechenden Endgerät ausgeführten App verbunden. Bei 202 wählt der Benutzer die Anwendungsklasse aus, und bei 204 wählt er im Beispiel den zweiten Betriebsmodus aus, welcher im Beispiel der Schonmodus ist.

[0099] Bei 305 nimmt der Benutzer im Unterschied zu der in Figur 2 gezeigten Ausführungsform weitere Einstellungen vor, wobei diese Einstellungen in einem Menü der App beispielsweise in verschiedenen Untergruppen geführt werden können, beispielsweise in den Gruppen "Basic", "Performance", und "Expert", die jeweils unterschiedliche Konfigurierungstiefen des Betriebs der Handwerkzeugmaschine 100 zulassen können, beispielsweise bestimmte Anfahrcharakteristiken des Elektromotors 180, und auch hinsichtlich der Vorbelegung bestimmter Betriebsparameter wie etwa des voreingestellten Drehmoments unterschiedlich sein können.

[0100] Bei 306 wird daraufhin das maximale Drehmomentniveau der Handwerkzeugmaschine 100 unabhängig von allen anderen Einstellungen begrenzt, wobei unterschiedliches Zubehör, welches zusammen mit der Handwerkzeugmaschine 100 verwendet wird, und ihre Belastbarkeit bei der Festlegung des Drehmomentniveaus berücksichtigt werden. Außerdem werden die in Schritt 305 vorgenommenen Einstellungen berücksichtigt, beispielsweise unterschiedliche Drehmomenthorizonte zwischen den Gruppen "Basic", "Performance", und "Expert".

[0101] Die weiteren in Figur 3 gezeigten Schritte, die ausgehend von 306 vorgenommen werden können, entsprechen den in Zusammenhang mit Figur 2 beschriebenen Schritten, die von 206 aus vorgenommen werden können.

[0102] Figur 4 zeigt eine Ausführungsform, bei welcher der Benutzer die Auswahl der Anwendungsklasse in Verfahrensschritt S1 sowie die Auswahl des Betriebsmodus in Verfahrensschritt S2 mittels einer Mensch-Maschinen-Schnittstelle (Human-Machine-Interface, HMI), oder alternativ hierzu durch einen Druckknopf, direkt an der Handwerkzeugmaschine vornimmt.

[0103] Auch hier gelten für die Schritte in Figur 4, die identische Referenznummern aufweisen wie die in anhand Figur 2 beschriebenen Schritte, die obigen Ausführungen zu Figur 2 entsprechend.

[0104] Bei 400 ist im Unterschied zu den Ausführungsformen der Figur 2 und 3 nicht erforderlich, dass die Handwerkzeugmaschine 100 mit einer App verbunden ist.

[0105] Der Benutzer kann bei 400 voreingestellte Drehzahlniveaus und weitere Betriebsparameter über das HMI aktivieren und wechseln, und erwählt auch die Anwendungsklasse über das HMI aus (in Verfahrensschritt S1). Optional können diese Voreinstellungen auch über eine App personalisiert und verändert werden.

[0106] Bei 404 wählt der Benutzer im Beispiel den zweiten Betriebsmodus (beispielsweise den "Schonmodus") aus (in Verfahrensschritt S2), und zwar wahlweise über das HMI oder, falls die Handwerkzeugmaschine einen für diesen Zweck vorgesehenen Druckknopf aufweist, über eben diesen Druckknopf.

[0107] Wie im Beispiel der Figur 2 hat dies zur Folge, dass bei 206 das maximale Drehmomentniveau der Handwerkzeugmaschine 100 unabhängig von allen anderen Einstellungen, die der Benutzer gegebenenfalls vornehmen kann, gegenüber einem maximalen Drehmomentniveau, welches bei Auswahl des ersten Betriebsmodus möglich ist, reduziert wird.

[0108] Die weiteren in Figur 4 gezeigten Schritte, die ausgehend von 406 vorgenommen werden können, entsprechen den in Zusammenhang mit Figur 2 beschriebenen Schritten, die von 206 aus vorgenommen werden können.

[0109] Figur 5 zeigt eine Ausführungsform, bei welcher der Schonmodus für einen Zeitraum aktiviert ist, während dessen der Benutzer bei 504 einen für diesen Zweck vorgesehenen Druckknopf gedrückt hält. Prinzipiell erfolgt also auch in dieser Ausführungsform das Auswählen der Anwendungsklasse in Schritt S1 sowie das Auswählen des Betriebsmodus in Schritt S2 durch den Benutzer, und zwar über das HMI.

[0110] Bei 500 kann der Benutzer voreingestellte Drehzahlniveaus und weitere Betriebsparameter über das HMI aktivieren und wechseln, und er wählt auch die Anwendungsklasse über das HMI aus (in Verfahrensschritt S1). Optional können diese Voreinstellungen auch über eine App personalisiert und verändert werden.

[0111] Bei 504 drückt der Benutzer den Druckknopf und aktiviert dadurch den Schonmodus in Verfahrensschritt S2. Wie im Beispiel der Figur 2 hat dies zur Folge, dass bei 506 das maximale Drehmomentniveau der Handwerkzeugmaschine 100 unabhängig von allen anderen Einstellungen, die der Benutzer gegebenenfalls vornehmen kann, gegenüber einem maximalen Drehmomentniveau, welches bei Auswahl des ersten Betriebsmodus möglich ist, reduziert wird, allerdings nur für den Zeitraum, bis der Benutzer den Druckknopf bei 507 loslässt. Die Maschine deaktiviert daraufhin selbsttätig den Schonmodus.

[0112] Figur 6 zeigt eine Ausführungsform, bei welcher das Auswählen der Anwendungsklasse in Schritt S1 durch den Benutzer erfolgt, beispielsweise wie in den Figuren 2 bis 5 beschrieben, während das Auswählen des Betriebsmodus

in Schritt S2 automatisch erfolgt.

[0113] Bei 604 kann der Benutzer voreingestellte Drehzahlniveaus und weitere Betriebsparameter über die App beziehungsweise über das HMI aktivieren und wechseln, und er wählt auch die Anwendungsklasse über die App beziehungsweise über das HMI aus (in Verfahrensschritt S1). Optional können diese Voreinstellungen auch über eine App personalisiert und verändert werden.

[0114] Wenn der Benutzer bei 6042 einen Schraubvorgang startet, wählt die Steuerungseinheit 370 beispielsweise durch Ausführen einer internen Gerätesoftware, automatisch die Anwendungsklasse aus (Schritt S1). Weitere Details dazu, wie der Anwendungsfall automatisch ausgewählt wird, werden weiter unten angegeben.

[0115] Bei 6044 wählt die Steuerungseinheit 370, beispielsweise ebenfalls durch Ausführen der internen Gerätesoftware, automatisch den Betriebmodus aus (Schritt S2), und zwar zumindest teilweise auf Grundlage der ausgewählten Anwendungsklasse.

[0116] Wird in Schritt S1 die Anwendungsklasse "harter Schraubfall" gewählt, wählt die Steuerungseinheit 370 in Schritt S2 automatisch den zweiten Betriebsmodus aus, welcher wie oben beschrieben ein Schonmodus mit reduziertem maximalen Drehmomentniveau ist.

[0117] Wird in Schritt S1 die Anwendungsklasse "weicher Schraubfall" gewählt, wählt die Steuerungseinheit 370 in Schritt S2 automatisch den ersten Betriebsmodus aus, welcher ein gegenüber dem zweiten Betriebsmodus höheres maximales Drehmomentniveau aufweist.

[0118] Im Folgenden wird das automatische Auswählen der Anwendungsklasse in Schritt S1 näher beschrieben.

[0119] Der Schritt S1 umfasst zu diesem Zweck die folgenden Schritte:

20 S1.1 Ermitteln eines Signals einer Betriebsgröße 200 des Elektromotors 180;

S1.5 Auswählen der Anwendungsklasse zumindest teilweise anhand des Signals der Betriebsgröße 200.

25 [0120] Aspekte des Verfahrens beruhen unter anderem auf einer Untersuchung von Signalformen und einer Bestimmung eines Grades der Übereinstimmung dieser Signalformen mit bekannten Signalformen, wie sie sich beispielsweise bei harten beziehungsweise weichen Schraubfällen einstellen.

[0121] In Figur 7 ist diesbezüglich ein beispielhaftes Signal 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.

[0122] 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 korrelierten Größe als Bezugsgröße aufgetragen, wie beispielsweise der Drehwinkel der Werkzeugaufnahme 140, der Drehwinkel des Elektromotors 180, eine Beschleunigung, ein Ruck, insbesondere höherer Ordnung, eine Leistung, oder eine Energie. 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.

[0123] Motordrehzahl und Motorstrom sind Betriebsgrößen, die bei Handwerkzeugmaschinen 100 üblicherweise und ohne Zusatzaufwand von einer Steuerungseinheit 370 erfasst werden. In bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung kann ein Benutzer der Handwerkzeugmaschine 100 auswählen, basierend auf welcher Betriebsgröße das erfinderische Verfahren ausgeführt werden soll.

[0124] In Fig. 7(a) ist ein Anwendungsfall eines losen Befestigungselements, beispielsweise einer Schraube 900, in einen Befestigungsträger 902, beispielsweise ein Holzbrett, gezeigt. Man erkennt in Figur 7(a), dass das Signal einen ersten Bereich 310 umfasst, der durch ein monotonen Anwachsen 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 7(a) entspricht beim Schraubvorgang dem Start des Drehschlagschraubers.

[0125] In dem ersten Bereich 310 trifft die Schraube 900 auf einen relativ geringen Widerstand in dem Befestigungsträger 902, und das zum Einschrauben erforderliche Drehmoment liegt unterhalb des Ausrückmoments des Drehschlagschraubers. Der Verlauf der Motordrehzahl im ersten Bereich 310 entspricht also dem Betriebszustand des Schraubens ohne Schlag.

[0126] Wie Figur 7(a) entnommen werden kann, liegt der Kopf der Schraube 900 im Bereich 322 nicht auf dem Befestigungsträger 902 auf, was bedeutet, dass die durch den Drehschlagschrauber getriebene Schraube 900 mit jedem Schlag weitergedreht wird. Dieser zusätzliche Drehwinkel kann bei fortschreitendem Arbeitsvorgang geringer werden, was in der Figur durch eine kleiner werdende Periodendauer reflektiert ist. Außerdem kann sich ein weiteres Einschrauben auch durch eine im Mittel abnehmende Drehzahl zeigen.

[0127] Erreicht anschließend der Kopf der Schraube 900 die Unterlage 902, ist zum weiteren Einschrauben ein noch höheres Drehmoment und damit mehr Schlagenergie nötig. Da die Handwerkzeugmaschine 100 jedoch nicht mehr Schlagenergie liefert, dreht sich die Schraube 900 nicht mehr beziehungsweise nur noch um einen signifikant kleineren Drehwinkel weiter.

5 [0128] Der in dem zweiten 322 und dritten Bereich 324 ausgeführte 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. Diese charakteristische Form des Signals der Betriebsgröße 200 im Schlagschraubbetrieb entsteht durch das Aufziehen und Freilaufen des Schlagwerksschlägers und der zwischen 10 Schlagwerk und Elektromotor 180 befindlichen Systemkette u.a. des Getriebes 170.

10 [0129] Die qualitative Signalform des Schlagbetriebs ist aufgrund der inhärenten Eigenschaften des Drehschlagschraubers also prinzipiell bekannt. In Ausführungsformen des Verfahrens, in denen die Auswahl des Anwendungsfalls in Schritt S1 automatisch erfolgt, wird ausgehend von dieser Erkenntnis in einem Schritt S1.2 zumindest eine zustandstypische Modellsignalform 240 bereitgestellt, wobei die zustandstypische Modellsignalform 240 einer Anwendungsklasse, 15 beispielsweise einem weichen beziehungsweise einem harten Schraubfall, zugeordnet ist. Mit anderen Worten enthält die zustandstypische Modellsignalform 240 für die Anwendungsklasse typische Merkmale wie Vorhandensein eines Schwingungsverlaufs, Schwingungsfrequenzen beziehungsweise -amplituden, oder einzelne Signalsequenzen in kontinuierlicher, quasi-kontinuierlicher oder diskreter Form.

20 [0130] In anderen Anwendungen kann die Anwendungsklasse 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.

25 [0131] In einer bevorzugten Ausgestaltung des erforderlichen Verfahrens kann in Verfahrensschritt S1.1 die zustandstypische Modellsignalform 240 durch einen Benutzer festgelegt werden. Die zustandstypische Modellsignalform 240 kann ebenfalls geräteintern hinterlegt 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.

30 [0132] In einem Verfahrensschritt S1.3 des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Signal der Betriebsgröße 200 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, sodass 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 mathematische Verfahren ermittelt werden kann, die an späterer Stelle noch genannt werden.

35 [0133] In Schritt S1.3 wird aus dem Vergleich überdies eine Übereinstimmungsbewertung des Signals der Betriebsgröße 200 des Elektromotors 180 mit der zustandstypischen Modellsignalform 240 ermittelt und somit eine Aussage über die Übereinstimmung der beiden Signale getroffen. Hierbei sind die Durchführung und Sensitivität der Übereinstimmungsbewertung werks- oder benutzerseitig einstellbare Parameter für die Erkennung der Anwendungsklasse.

40 [0134] Figur 7(b) zeigt einen Verlauf einer Funktion $q(x)$ einer zu dem Signal der Betriebsgröße 200 der Figur 7(a) korrespondierenden Übereinstimmungsbewertung 201, die an jeder Stelle der Abszisse x einen Wert der Übereinstimmung zwischen dem Signal der Betriebsgröße 200 des Elektromotors 180 und der zustandstypischen Modellsignalform 240 angibt.

45 [0135] Im vorliegenden Beispiel des Eindrehens der Schraube 900 wird diese Bewertung herangezogen, um das Maß des Weiterdrehens bei einem Schlag zu bestimmen. Die in Schritt S1.1 prädeterminierte zustandstypische Modellsignalform 240 entspricht im Beispiel einem idealen Schlag ohne Weiterdrehen, das heißt dem Zustand, bei dem der Kopf der Schraube 900 auf der Oberfläche des Befestigungsträgers 902 aufliegt, wie in Bereich 324 der Figur 7(a) gezeigt. Dementsprechend ergibt sich im Bereich 324 eine hohe Übereinstimmung der beiden Signale, was durch einen gleichbleibend hohen Wert der Funktion $q(x)$ der Übereinstimmungsbewertung 201 reflektiert wird. Im Bereich 310 dagegen, in dem jeder Schlag mit hohen Drehwinkeln der Schraube 900 einhergeht, werden nur kleine Übereinstimmungswerte erreicht. Je weniger sich die Schraube 900 beim Schlag weiterdreht, desto höher ist diese Übereinstimmung, was daran erkennbar ist, dass die Funktion $q(x)$ der Übereinstimmungsbewertung 201 bereits bei Einsetzen des Schlagwerks im Bereich 322, der durch einen je Schlag fortlaufend kleiner werdenden Drehwinkel der Schraube 200 aufgrund des steigenden Einschraubwiderstands gekennzeichnet ist, kontinuierlich anwachsende Übereinstimmungswerte wieder gibt.

55 [0136] In einem Verfahrensschritt S1.4 des erfindungsgemäßen Verfahrens wird Anwendungsklasse nun zumindest teilweise anhand der in Verfahrensschritt S1.3 ermittelten Übereinstimmungsbewertung 201 erkannt. Das Erkennen der Anwendungsklasse kann dabei beispielsweise zumindest teilweise anhand eines Vergleichs der Übereinstimmungsbewertung 201 mit einem Schwellwert erfolgen, welcher in Figur 7(b) durch eine gestrichelte Linie 202 gekennzeichnet ist. Im vorliegenden Beispiel der Figur 7(b) ist der Schnittpunkt SP der Funktion $q(x)$ der Übereinstimmungsbewertung 201

mit der Linie 202 dem Arbeitsfortschritt des Aufliegens des Kopfes der Schraube 900 auf der Oberfläche des Befestigungsträgers 902 zugeordnet.

[0137] Das daraus abgeleitete Kriterium, anhand dessen das Vorliegen einer bestimmten Anwendungsklasse bestimmt wird, kann dabei einstellbar sein, um die Funktion für verschiedenste Anwendungsfälle nutzbar zu machen. Es ist dabei anzumerken, dass sich die Funktion nicht nur auf Einschraubfälle beschränkt, sondern auch einen Einsatz bei Ausschraubanwendungen beinhaltet.

[0138] Um das Vorliegen einer bestimmten Anwendungsklasse, beispielsweise des harten oder des weichen Schraubfalls, zu identifizieren, können in dem vorliegend beschriebenen Verfahren verschiedene Modellformen, die jeweils unterschiedlichen Anwendungsklassen zugeordnet sind, sukzessive mit den vorstehend beschriebenen Verfahrensschritten S1.1 bis S1.4 untersucht werden, und bei ausreichend guter Übereinstimmung des Signal der Betriebsgröße 200 des Elektromotors 180 mit einer der zustandstypischen Modellsignalformen wird die mit dieser Modellsignalform korrespondierende Anwendungsklasse erkannt und ausgewählt.

[0139] Erfindungsgemäß kann so durch Unterscheidung von Signalformen eine Anwendungsklasse identifiziert und automatisch ausgewählt werden.

[0140] Es werden im Folgenden einige technische Zusammenhänge und Ausführungsformen betreffend der Durchführung der Verfahrensschritte S.1-S1.4 erläutert.

[0141] In praktischen Anwendungen kann vorgesehen sein, dass die Verfahrensschritte S1.2 und S1.3 sich wiederholend während des Betriebs einer Handwerkzeugmaschine 100 ausgeführt werden, um das Vorliegen einer Anwendungsklasse zu überwachen. Zu diesem Zweck kann in Verfahrensschritt S1.1 eine Segmentierung des ermittelten Signals der Betriebsgröße 200 erfolgen, sodass die Verfahrensschritte S1.2 und S1.3 an Signalsegmenten, vorzugsweise stets gleicher, festgelegter Länge, durchgeführt werden.

[0142] 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.

[0143] Wie im Zusammenhang mit Figur 7 bereits erwähnt, 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.

[0144] Eine Ausführungsform sieht dabei vor, dass das Signal der Betriebsgröße 200 in Verfahrensschritt S1.1 als Zeitverlauf von Messwerten der Betriebsgröße aufgenommen wird und in einem dem Verfahrensschritt S1.1 folgenden Verfahrensschritt S1.1a 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, der Motordrehwinkel, eine Beschleunigung, ein Ruck, insbesondere höherer Ordnung, eine Leistung, oder eine Energie.

[0145] Die Vorteile dieser Ausführungsform werden im Folgenden anhand Figur 8 beschrieben. Ähnlich zu Figur 2 zeigt Figur 8a Signale $f(x)$ einer Betriebsgröße 200 über eine Abszisse x , in diesem Fall über die Zeit t . Wie in Figur 7 kann die Betriebsgröße eine Motordrehzahl oder ein mit der Motordrehzahl korrelierender Parameter sein.

[0146] Die Abbildung enthält zwei Signalverläufe der Betriebsgröße 200, die jeweils einer Anwendungsklasse zugeordnet sein können, im Falle eines Drehschlagschraubers also beispielsweise einem harten Schraubfall. In diesem Fall 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.

[0147] 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.

[0148] 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.

[0149] Bei einer Vielzahl von möglichen Wellenlängen würde der Aufwand des Verfahrens und der Programmierung entsprechend schnell ansteigen.

[0150] In der bevorzugten Ausführungsform werden daher die Zeitwerte der Abszisse in mit den Zeitwerten korrelierte 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 8b 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.

5 [0151] Entsprechend kann in dieser Ausfurungsform der Erfindung die zustandstypische Modellsignalform 240 gültig für alle Drehzahlen durch einen einzigen Parameter der Wellenlänge über die mit der Zeit korrelierende Größe festgelegt werden, wie beispielsweise den Drehwinkel der Werkzeugaufnahme 140, den Motordrehwinkel, eine Beschleunigung, einen Ruck, insbesondere höherer Ordnung, eine Leistung, oder eine Energie.

10 [0152] In einer bevorzugten Ausfurungsform erfolgt der Vergleich des Signals der Betriebsgröße 200 in Verfahrensschritt S1.3 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 der zustandstypischen Modellsignalform 240, ob zumindest ein vorgegebener Schwellwert erfüllt wird. Das Vergleichsverfahren vergleicht das gemessene Signal der Betriebsgröße 200 mit zumindest einem vorgegebenen Schwellwert. Das frequenzbasierte Vergleichsverfahren umfasst zumindest die Bandpassfilterung und/oder die 15 Frequenzanalyse. Das vergleichende Vergleichsverfahren umfasst zumindest die Parameterschätzung und/oder die Kreuzkorrelation. Das frequenzbasierte und das vergleichende Vergleichsverfahren wird im Folgenden detaillierter beschrieben.

20 [0153] In Ausfurungsformen mit Bandpassfilterung wird das, gegebenenfalls wie beschrieben, auf eine mit der Zeit korrelierenden Größe transformierte Eingangssignal über einen oder mehrere Bandpässe gefiltert, deren Durchlassbereiche mit einer oder mehreren zustandstypischen Modellsignalformen 240 übereinstimmen. 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 bei Vorliegen einer bestimmten Anwendungsklasse der Fall ist, führt der Vergleich in Verfahrensschritt S1.3 dann zu dem Ergebnis, dass 25 das Signal der Betriebsgröße 200 der zustandstypischen Modellsignalform 240 gleicht, und dass somit die zu erkennende Anwendungsklasse vorliegt. Die Festlegung eines Amplitudengrenzwertes kann in dieser Ausfurungsform als Ermittlung der Übereinstimmungsbewertung der zustandstypischen Modellsignalform 240 mit dem Signal der Betriebsgröße 200 aufgefasst werden, auf Grundlage derer in Verfahrensschritt S1.4 entschieden wird, ob die zu erkennende Anwendungsklasse vorliegt oder nicht. Falls die zu erkennende Anwendungsklasse nicht vorliegt, kann in einem weiteren Schritt eine 30 weitere, einer anderen Anwendungsklasse zugeordnete zustandstypische Modellsignalform 240 mit dem Signal der Betriebsgröße verglichen werden. Dies kann solange und gegebenenfalls zyklisch durchgeführt werden, bis eine bestimmte Anwendungsklasse erkannt wird.

35 [0154] Anhand der Figur 9 soll die Ausfurungsform erläutert werden, in welcher als frequenzbasiertes Vergleichsverfahren die Frequenzanalyse zum Einsatz kommt. In diesem Fall wird das Signal der Betriebsgröße 200, welches in Figur 9(a) dargestellt ist und beispielsweise dem Verlauf der Drehzahl des Elektromotors 180 über der Zeit entspricht, 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. Hierbei ist der Begriff "Zeitbereich" gemas der obigen Ausfurungen sowohl als "Verlauf der Betriebsgröße über die Zeit" als auch als "Verlauf der Betriebsgröße als eine mit der Zeit korrelierenden Größe" zu verstehen.

40 [0155] 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 Wellenlänge anzunähern. In der Figur 9(b) und 9(c) beispielsweise geben Gewichtungsfaktoren $\kappa_1(x)$ und $\kappa_2(x)$ als Funktionsverläufe 203 und 204 über die Zeit an, ob und wie stark die korrespondierenden Frequenzen bzw. Frequenzbänder, die an dieser Stelle der 45 Ubereinstimmlichkeit halber nicht angegeben sind, in dem untersuchten Signal, also dem Verlauf der Betriebsgröße 200, vorhanden sind.

50 [0156] 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. Darüber hinaus können jedoch auch Frequenzen definiert werden, deren Nicht-Vorhandensein ein Maß für das Vorliegen des zu erkennenden Arbeitsfortschrittes sind. Wie im Zusammenhang mit der Bandpassfilterung erwähnt, kann ein Grenzwert der Amplitude festgelegt werden, welcher ein Maß des Grades der 55 Übereinstimmung des Signals der Betriebsgröße 200 mit der zustandstypischen Modellsignalform 240 ist.

55 [0157] Im Beispiel der Figur 9(b) etwa fällt zum Zeitpunkt t_2 (Punkt SP₂) die Amplitude $\kappa_1(x)$ einer ersten, in der zustandstypischen Modellsignalform 240 typischerweise nicht vorzufindenden Frequenz im Signal der Betriebsgröße 200 unter einen zugehörigen Grenzwert 203(a), was im Beispiel ein notwendiges, jedoch nicht hinreichendes Kriterium für das Vorliegen einer bestimmten Anwendungsklasse sein kann. Zum Zeitpunkt t_3 (Punkt SP₃) übersteigt die Amplitude $\kappa_2(x)$ einer zweiten, in der zustandstypischen Modellsignalform 240 typischerweise vorzufindenden Frequenz im Signal der Betriebsgröße 200 einen zugehörigen Grenzwert 204(a). In der zugehörigen Ausfurungsform der Erfindung ist das

gemeinsame Vorliegen des Unter- bzw. Überschreitens der Grenzwerte 203(a), 204(a) durch die Amplitudenfunktionen $\kappa_1(x)$ bzw. $\kappa_2(x)$ das maßgebliche Kriterium für die Übereinstimmungsbewertung des Signals der Betriebsgröße 200 mit der zustandstypischen Modellsignalform 240. Entsprechend wird in diesem Fall in Verfahrensschritt S1.4 festgestellt, dass die zu erkennende Anwendungsklasse vorliegt.

5 [0158] In alternativen Ausführungsformen der Erfindung wird nur eines dieser Kriterien genutzt, oder auch Kombinationen eines der oder beider Kriterien mit anderen Kriterien.

[0159] 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 Übereinstimmung der beiden Signale miteinander zu ermitteln.

[0160] 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 die zu erkennende Anwendungsklasse vorliegt. Die Parameterschätzung basiert hierbei auf der Ausgleichsrechnung, die eine, dem Fachmann bekannte, 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 anzugeleichen. Abhängig von einem Maß der Übereinstimmung der mittels der geschätzten Parameter parametrisierten zustandstypischen Modellsignalform 240 und einem Grenzwert kann die Entscheidung, ob die zu erkennende Anwendungsklasse vorliegt, getroffen werden.

[0161] Mit Hilfe der Ausgleichsrechnung des vergleichenden Verfahrens der Parameterschätzung kann auch ein Maß einer Übereinstimmung der geschätzten Parameter der zustandstypischen Modellsignalform 240 zu dem gemessenen Signal der Betriebsgröße 200 ermittelt werden.

[0162] Um zu entscheiden, ob eine ausreichende Übereinstimmung oder ein ausreichend geringer Vergleich der zustandstypischen Modellsignalform 240 mit den geschätzten Parametern zum gemessenen Signal der Betriebsgröße 200 vorliegt, wird in dem Verfahrensschritt S1.3 folgenden Verfahrensschritt S1.3a eine Vergleichsbestimmung durchgeführt. Wird der Vergleich von der zustandstypischen Modellsignalform 240 zum gemessenen Signal der Betriebsgröße von 70% ermittelt, kann die Entscheidung getroffen werden, ob die zu erkennende Anwendungsklasse anhand des Signals der Betriebsgröße identifiziert wurde.

[0163] 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 S1.3 folgenden Verfahrensschritt S1.3b eine Gütebestimmung für die geschätzten Parameter durchgeführt. Bei der Gütebestimmung werden Werte für eine Güte zwischen 0 und 1 ermittelt, wobei gilt, dass ein niedrigerer Wert eine höhere Konfidenz in den Wert des identifizierten Parameters bedeutet und somit eine höhere Übereinstimmung zwischen der zustandstypischen Modellsignalform 240 mit dem Signal der Betriebsgröße 200 repräsentiert. Die Entscheidung, ob die zu erkennende Anwendungsklasse vorliegt, wird in der bevorzugten Ausführungsform in dem Verfahrensschritt S1.4 zumindest teilweise anhand der Bedingung getroffen, dass der Wert der Güte in einem Bereich von 50% liegt.

[0164] In einer Ausführungsform des erfinderischen Verfahrens wird als vergleichendes Vergleichsverfahren in Verfahrensschritt S1.3 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.

[0165] Im Vergleich zum weiter oben vorgestellten Verfahren der Parameterschätzung ist das Ergebnis der Kreuzkorrelation wieder eine Signalfolge mit einer addierten Signallänge aus einer Länge des Signals der Betriebsgröße 200 und der zustandstypischen Modellsignalform 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 Modellsignalform 240, dar und ist damit auch ein Maß für die Korrelation selbst, welches in dieser Ausführungsform in Verfahrensschritt S1.4 als Entscheidungskriterium für das Vorliegen der zu erkennenden Anwendungsklasse verwendet wird. In der Implementierung im erfindungsgemäßen Verfahren ist ein wesentlicher Unterschied zur Parameterschätzung, dass für die Kreuzkorrelation beliebige zustandstypische Modellsignalformen verwendet werden können, während bei der Parameterschätzung die zustandstypische Modellsignalform 240 durch parametrisierbare mathematische Funktionen dargestellt werden müssen.

[0166] Figur 10 stellt das gemessene Signal der Betriebsgröße 200 für den Fall dar, dass als das frequenzbasierte Vergleichsverfahren die Frequenzanalyse verwendet wird. In Figur 10a und b ist der erste Bereich 310 gezeigt, bei dem die Handwerkzeugmaschine 100 im Schraubbetrieb ist. Auf der Abszisse x der Figur 10a ist die Zeit t oder einer mit der

Zeit korrelierten Größe aufgetragen. In Figur 10b ist das Signal der Betriebsgröße 200 transformiert dargestellt, wobei beispielsweise mittels einer Fast-Fourier-Transformation von einem Zeitbereich in einen Frequenzbereich transformiert werden kann. Auf der Abszisse x' der Figur 10b ist beispielsweise die Frequenz f aufgetragen, sodass die Amplituden des Signals der Betriebsgröße 200 dargestellt sind. In den Figuren 10c und d ist der zweite Bereich 320 dargestellt, in dem die Handwerkzeugmaschine 100 im Drehschlagbetrieb ist. Figur 10c zeigt das gemessene Signal der Betriebsgröße 200 aufgetragen über die Zeit im Drehschlagbetrieb dar. Figur 10d zeigt das transformierte Signal der Betriebsgröße 200, wobei das Signal der Betriebsgröße 200 über die Frequenz f als Abszisse x' aufgetragen ist. Figur 10d zeigt charakteristische Amplituden für den Drehschlagbetrieb.

[0167] Figur 11a zeigt einen typischen Fall eines Vergleichs mittels des vergleichenden Vergleichsverfahrens der Parameterschätzung zwischen dem Signal einer Betriebsgröße 200 und einer zustandstypischen Modellsignalform 240 in dem in Figur 7 beschriebenen ersten Bereich 310. Während die zustandstypische Modellsignalform 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 S1.3 durchgeführte Vergleich zwischen der zustandstypischen Modellsignalform 240 und dem Signal der Betriebsgröße 200 zum Ergebnis, dass der Grad der Übereinstimmung der beiden Signale derart gering ist, dass in Verfahrensschritt S1.4 die zu erkennende Anwendungsklasse nicht erkannt wird.

[0168] In Figur 11b ist dagegen der Fall dargestellt, in dem die zu erkennende Anwendungsklasse vorliegt und daher die zustandstypische Modellsignalform 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 die zu erkennende Anwendungsklasse erreicht wurde, getroffen werden.

[0169] Figur 12 zeigt den Vergleich der zustandstypischen Modellsignalform 240, siehe Figur 12b und 12e, mit dem gemessenen Signal der Betriebsgröße 200, siehe Figur 12a und 12d, für den Fall, dass als vergleichendes Vergleichsverfahren die Kreuzkorrelation verwendet wird. In den Figuren 12a - f sind auf der Abszisse x die Zeit oder eine mit der Zeit korrelierende Größe aufgetragen. In den Figuren 12a - c ist der erste Bereich 310, dem Schraubbetrieb entsprechend, gezeigt. In den Figuren 12d - f ist der dritte Bereich 324, korrespondierend mit der zu erkennenden Anwendungsklasse, gezeigt. Wie weiter oben beschrieben, wird das gemessene Signal der Betriebsgröße, Figur 12a und Figur 12d, mit der zustandstypischen Modellsignalform, Figur 12b und 12e, korreliert. In den Figuren 12c und 12f sind jeweilige Ergebnisse der Korrelationen dargestellt. In Figur 12c wird das Ergebnis der Korrelation während des ersten Bereichs 310 gezeigt, wobei erkennbar ist, dass eine geringe Übereinstimmung der beiden Signale vorliegt. Im Beispiel der Figur 12c wird daher in Verfahrensschritt S1.4 entschieden, dass die zu erkennende Anwendungsklasse nicht erreicht ist. In Figur 12f ist das Ergebnis der Korrelation während des dritten Bereich 324 gezeigt. Es ist in Figur 12f erkennbar, dass eine hohe Übereinstimmung vorliegt, sodass in Verfahrensschritt S1.4 entschieden wird, dass die zu erkennende Anwendungsklasse vorliegt.

[0170] In Figur 13 ist eine Ausführungsform gezeigt, in welcher bei einer ersten Verbindung mit der App abgefragt wird, ob der zweite Betriebmodus, der beispielsweise dem Schonmodus entspricht, in Schritt D2 grundsätzlich und standardmäßig ausgewählt werden soll.

[0171] Bei 1300 findet eine erste Verbindung der Handwerkzeugmaschine 100 mit der App statt. Daraufhin wird der Benutzer bei 1302 über die App gefragt, ob in Schritt S2 grundsätzlich und standardmäßig der zweite Betriebmodus ausgewählt werden soll.

[0172] Beantwortet der Benutzer diese Abfrage mit "ja", wird bei 1310 standardmäßig in Verfahrensschritt 1.2 die mit der Anwendungsklasse "harter Schraubfall" korrespondierende Modellsignalform 240 bereitgestellt.

[0173] Beantwortet der Benutzer die bei 1302 gemachte Abfrage bei 1306 mit "nein", wird bei 1310 in Verfahrensschritt 1.2 nur dann die mit der Anwendungsklasse "harter Schraubfall" korrespondierende Modellsignalform 240 bereitgestellt und als zu erkennende Anwendungsklasse hinterlegt, wenn der Benutzer dies für eine bestimmte Anwendung in 1308 explizit angibt.

[0174] Wird daraufhin bei 1312 unter Verwendung der oben beschriebenen Verfahrensschritte S1.2 bis S1.4 erkannt, dass die Anwendungsklasse "harter Schraubfall" vorliegt, wird in Schritt S2 der zweite Betriebszustand ausgewählt und der Schraubvorgang mit reduziertem maximalen Drehmoment betrieben.

[0175] Bei 1320 wird in folgenden Anwendungen stets der Hinweis an den Benutzer ausgegeben, dass der zweite Betriebsmodus aktiv ist und bei Bedarf über ein entsprechendes Menü deaktiviert werden kann.

[0176] Wird der zweite Betriebsmodus bei 1322 durch den Benutzer deaktiviert, erfolgt die Abfrage, ob der zweite Betriebsmodus bei 1324 grundsätzlich oder bei 1326 nur einmalig deaktiviert werden soll.

[0177] Wählt der Benutzer bei 1322 das einmalige Deaktivieren aus, wird bei 1328 nach einmaliger Benutzung der Maschine wieder in Schritt S2 grundsätzlich und standardmäßig der zweite Betriebmodus ausgewählt.

[0178] 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.

[0179] Neben den beschriebenen und abgebildeten Ausführungsformen sind weitere Ausführungsformen vorstellbar,

welche weitere Abwandlungen sowie Kombinationen von Merkmalen umfassen können.

Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zum Betrieb einer Handwerkzeugmaschine (100), insbesondere einer Drehschlagschraubmaschine, die Handwerkzeugmaschine (100) umfassend einen Elektromotor (180), das Verfahren umfassend die Verfahrensschritte
- 10 S1 Auswählen einer Anwendungsklasse in Abhängigkeit zumindest einer Härte- und/oder Festigkeitseigenschaft eines Substrats, in welchem eine Verschraubung erfolgen soll;
 S2 Auswählen eines Betriebsmodus aus einer Betriebsmodusgruppe umfassend einen ersten Betriebsmodus und einen zweiten Betriebsmodus, zumindest teilweise auf Grundlage der Anwendungsklasse;
- 15 wobei der erste Betriebsmodus ein erstes durch die Handwerkzeugmaschine (100) abgegebenes Drehmomentniveau je Anwendungsklasse aufweist und der zweite Betriebsmodus ein zweites maximales Drehmomentniveau je Anwendungsklasse.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anwendungsklasse aus einer Gruppe von Anwendungsklassen zumindest umfassend einen "harten Schraubfall" und einen "weichen Schraubfall" ausgewählt wird.
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** je Anwendungsklasse das jeweilige erste maximale Drehmomentniveau höher liegt als das entsprechende zweite maximale Drehmomentniveau.
- 30 4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** je Anwendungsklasse das jeweilige zweite maximale Drehmomentniveau gegenüber dem entsprechenden ersten Drehmomentniveau durch eine geringere Drehzahl des Elektromotors und/oder eine geringere Schlagdauer gekennzeichnet ist.
- 35 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 und 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Schritt S2 bei Vorliegen der Anwendungsklasse weicher Schraubfall der erste Betriebsmodus ausgewählt wird und bei Vorliegen der Anwendungsklasse harter Schraubfall der zweite Betriebsmodus.
- 40 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Schritt S1 das Auswählen der Anwendungsklasse durch einen Benutzer erfolgt, wahlweise über eine Anwendungssoftware ("App") und/oder eine Benutzerschnittstelle an der Handwerkzeugmaschine (100) ("Human-Machine Interface", "HMI").
- 45 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Schritt S2 das Auswählen des Betriebsmodus durch einen Benutzer erfolgt, wahlweise über eine Anwendungssoftware ("App") und/oder eine Benutzerschnittstelle an der Handwerkzeugmaschine (100) ("Human-Machine Interface", "HMI").
- 50 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Schritt S2 das Auswählen des Betriebsmodus zumindest teilweise automatisch erfolgt.
- 55 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, 7, und 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Schritt S1 das Auswählen der Anwendungsklasse zumindest teilweise automatisch erfolgt.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Schritt S1 das Auswählen der Anwendungsklasse die folgenden Schritte umfasst:
- 55 S1.1 Ermitteln eines Signals einer Betriebsgröße (200) des Elektromotors (180);
 S1.5 Auswählen der Anwendungsklasse zumindest teilweise anhand des Signals der Betriebsgröße (200).
11. Verfahren nach Anspruch 10, umfassend die Verfahrensschritte:

- S1.2 Bereitstellen zumindest einer Modellsignalform (240), wobei die Modellsignalform einer der Anwendungsklassen zuordenbar ist;
- 5 S1.3 Vergleichen des Signals der Betriebsgröße (200) mit der Modellsignalform (240) und Ermitteln einer Übereinstimmungsbewertung aus dem Vergleich;
- S1.4 Erkennen der Anwendungsklasse zumindest teilweise anhand der in Verfahrensschritt S1.3 ermittelten Übereinstimmungsbewertung.
- 10 12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Verfahrensschritt S1.3 das Signal der Betriebsgröße (200) mittels eines Vergleichsverfahrens dahingehend mit der Modellsignalform (240) verglichen wird, ob zumindest ein vorgegebener Schwellwert der Übereinstimmung erfüllt wird.
- 15 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, umfassend den Verfahrensschritt:
SM Ausführen einer Maschinenlernphase anhand zumindest zweier oder mehrerer Beispielanwendungen, wobei die Beispielanwendungen verschiedene Anwendungsklassen abdecken;
- 20 wobei das Auswählen der Anwendungsklasse in Schritt S1.5 zumindest teilweise auf der Grundlage von in der Maschinenlernphase gelernten Anwendungsklassen erfolgt.
- 25 14. Verfahren nach Anspruch 13, der Verfahrensschritt SM weiterhin umfassend ein Speichern und Klassifizieren von den Beispielanwendungen zugeordneten Signalen der Betriebsgröße (200') in zumindest einer oder mehreren Anwendungsklassen, und Generierung von den Anwendungsklassen zugeordneten Modellsignalformen (240') aus den Signalen der Betriebsgröße (200').
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 und 14, wobei die Beispielanwendungen durch einen Benutzer der Handwerkzeugmaschine (100) ausgeführt werden und/oder von einer Datenbank eingelesen werden.
- 30 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Betriebsgröße eine Drehzahl des Elektromotors (180) oder eine mit der Drehzahl korrelierende Betriebsgröße ist.
- 35 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Signal der Betriebsgröße (200) in Verfahrensschritt S1.1 als Zeitverlauf von Messwerten der Betriebsgröße aufgenommen wird, oder als Messwerte der Betriebsgröße als eine mit dem Zeitverlauf korrelierende Größe des Elektromotors (180).
- 40 18. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Signal der Betriebsgröße (200) in dem Verfahrensschritt S1.1 als Zeitverlauf von Messwerten der Betriebsgröße aufgenommen wird und in einem dem Verfahrensschritt S1.1 folgenden Verfahrensschritt S1.1a 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.
- 45 19. Handwerkzeugmaschine (100), insbesondere Schlagschraubmaschine, 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 18 eingerichtet ist.

50

55

Fig. 1

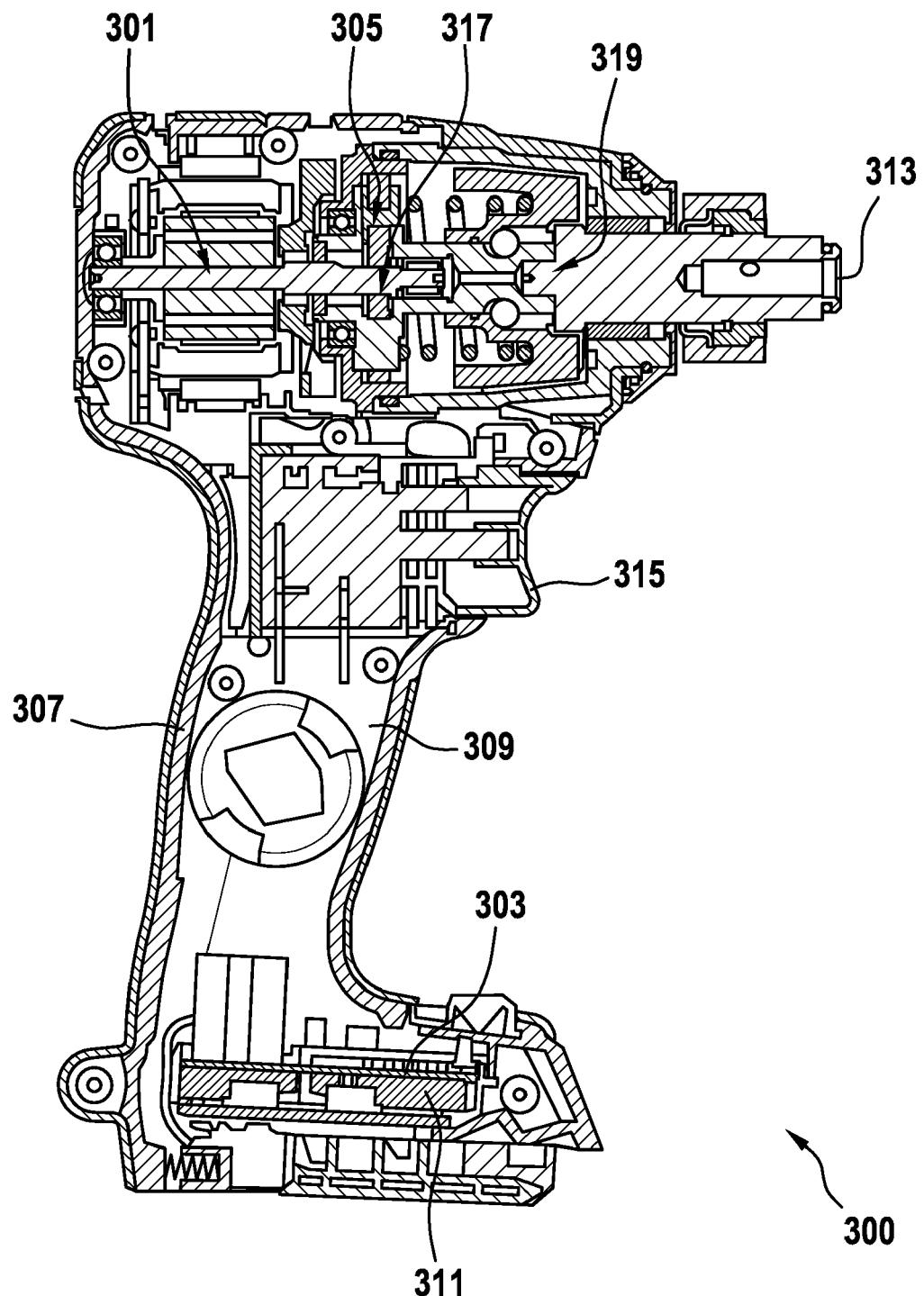


Fig. 2

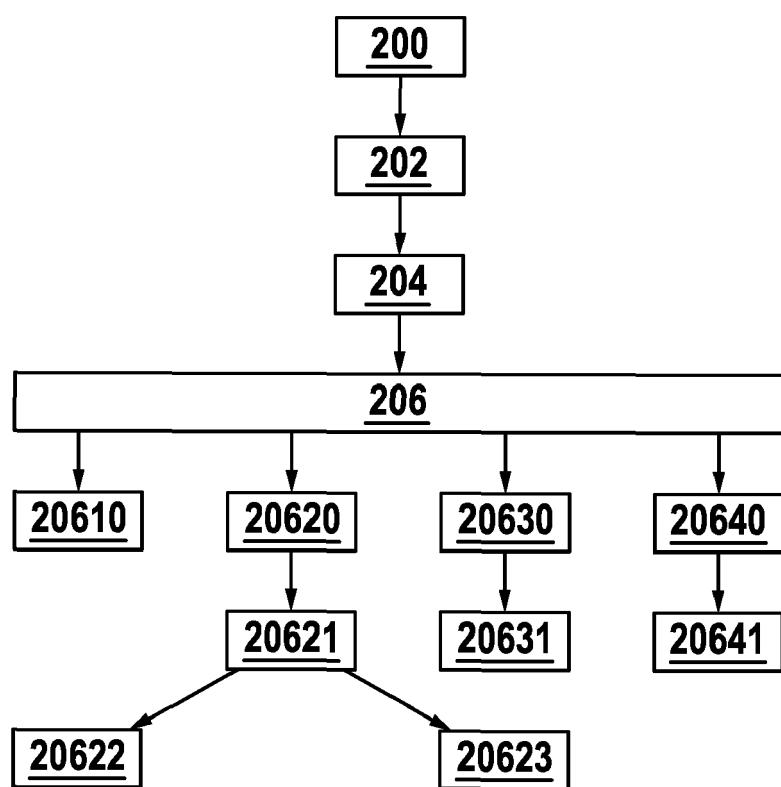


Fig. 3

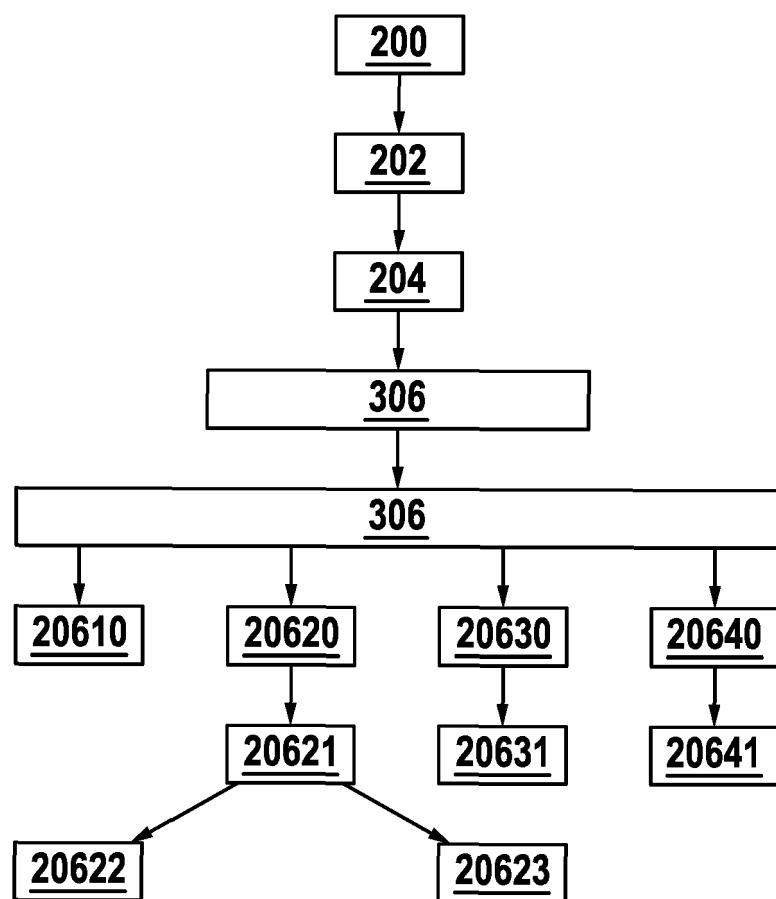


Fig. 4

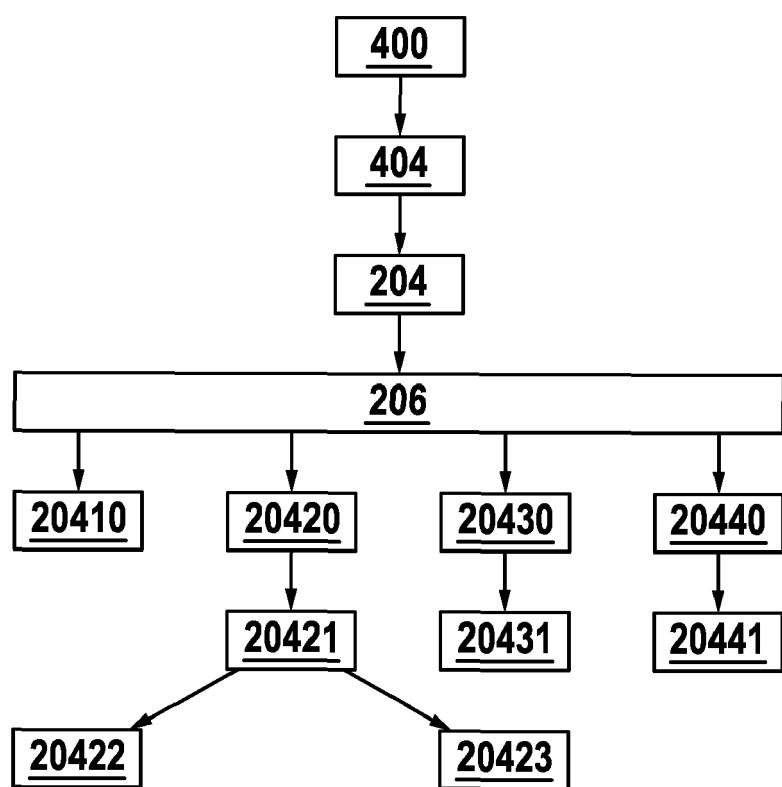


Fig. 5

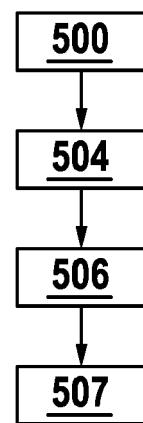


Fig. 6

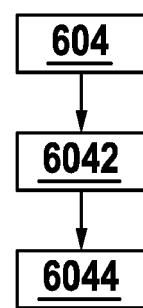


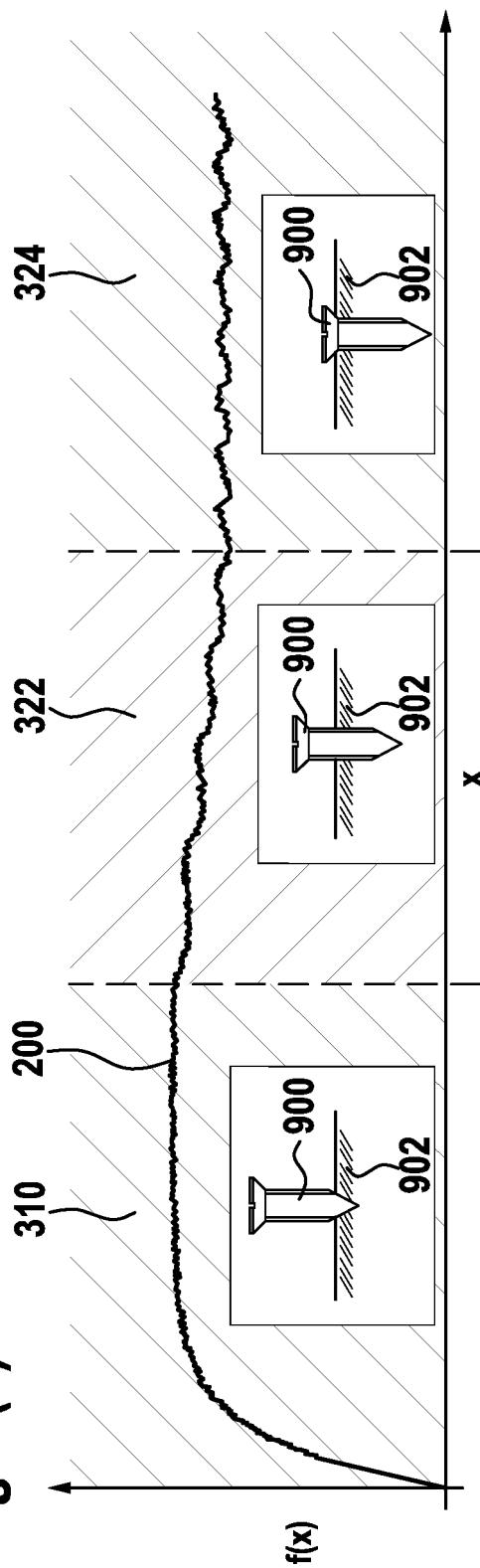
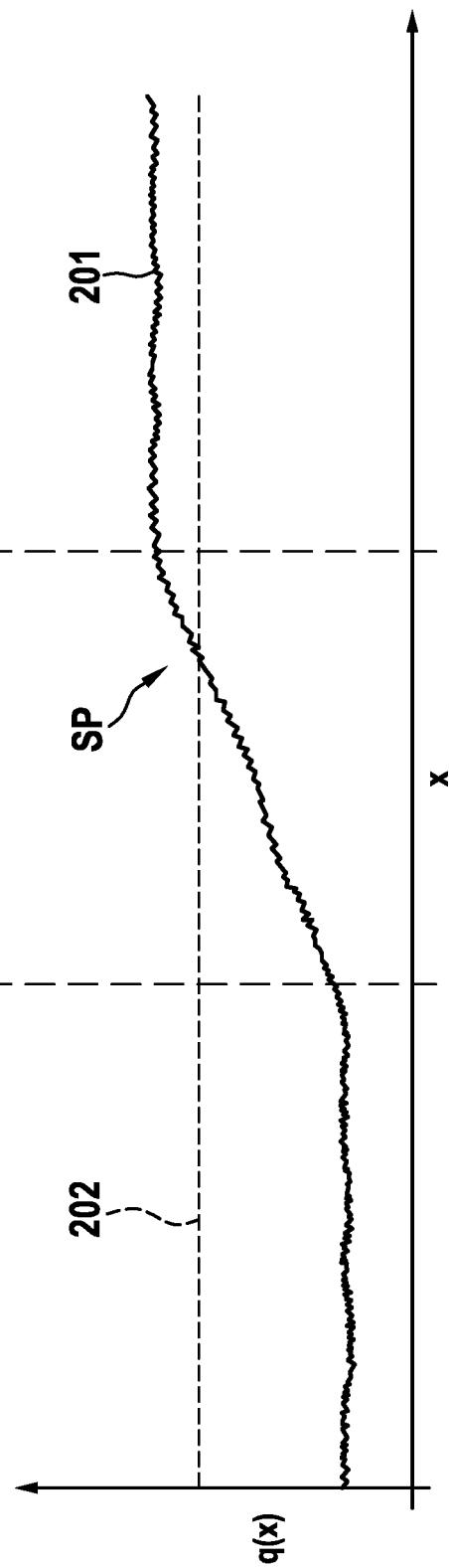
Fig. 7(a)**Fig. 7(b)**

Fig. 8(a)

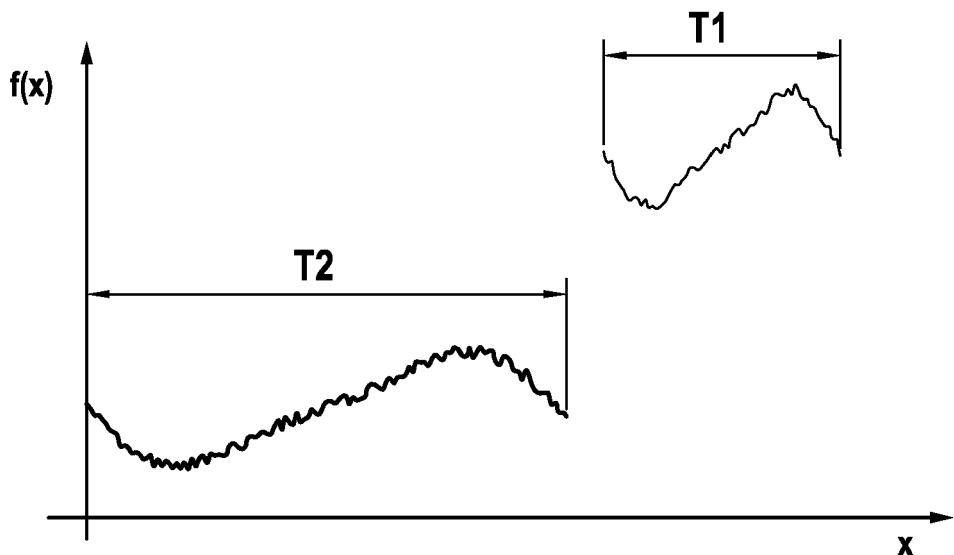


Fig. 8(b)

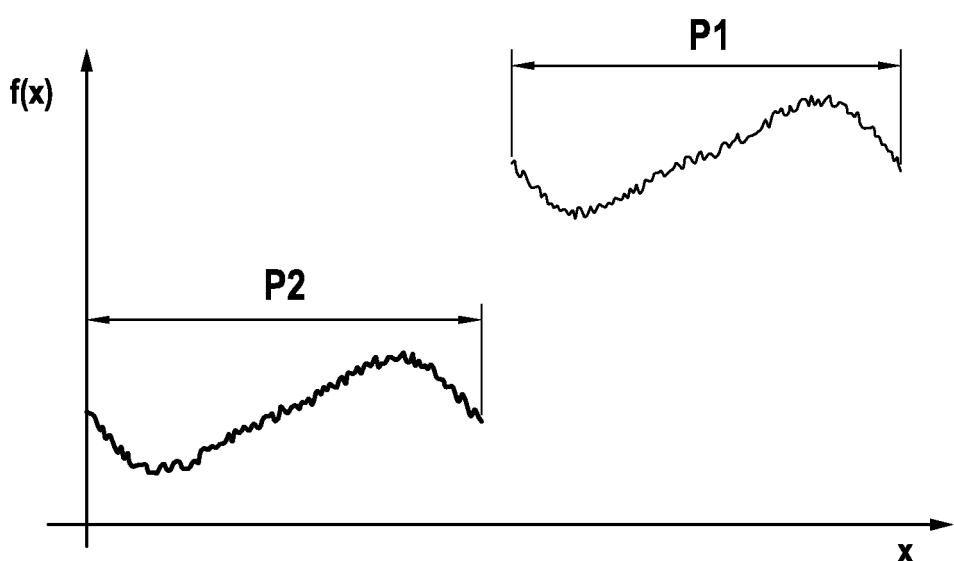


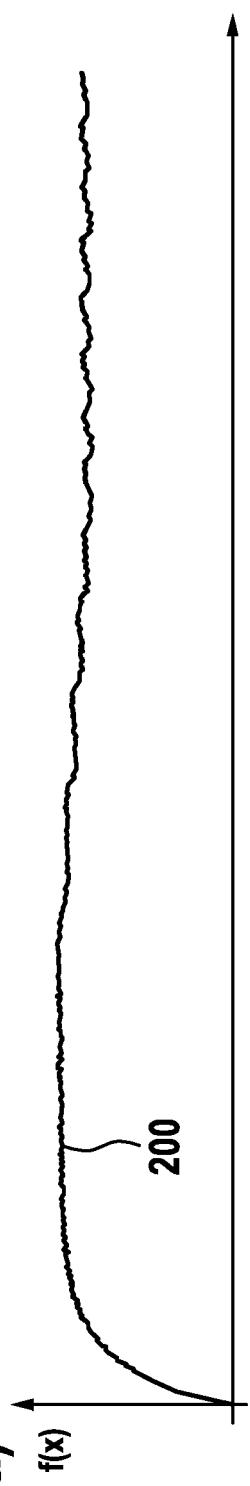
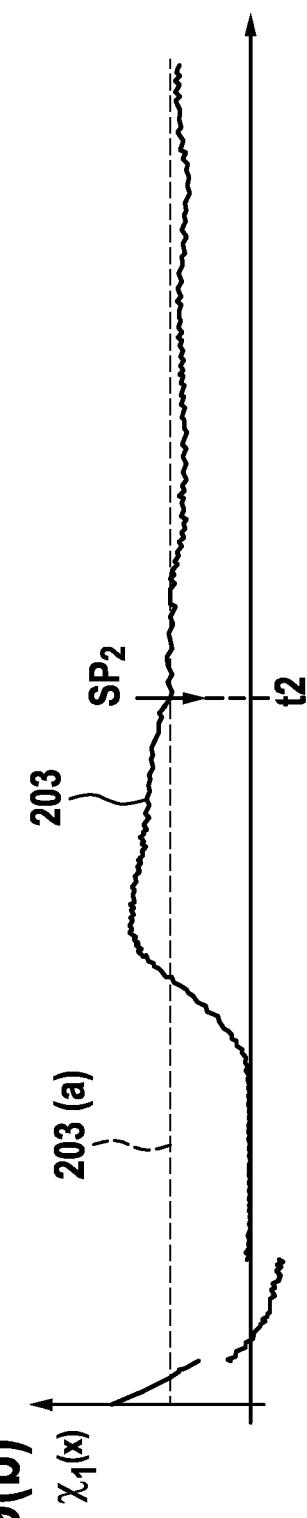
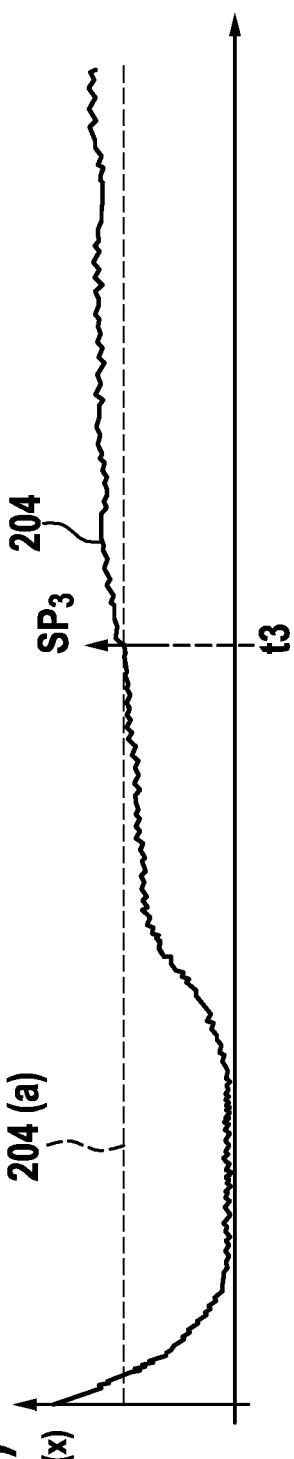
Fig. 9(a)**Fig. 9(b)****Fig. 9(c)**

Fig. 10(a)

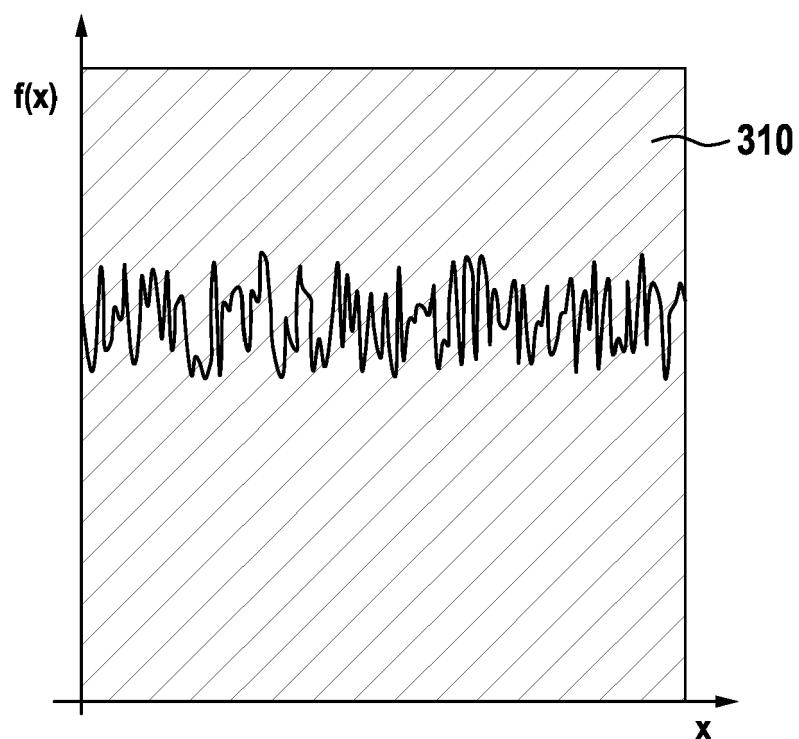


Fig. 10(b)

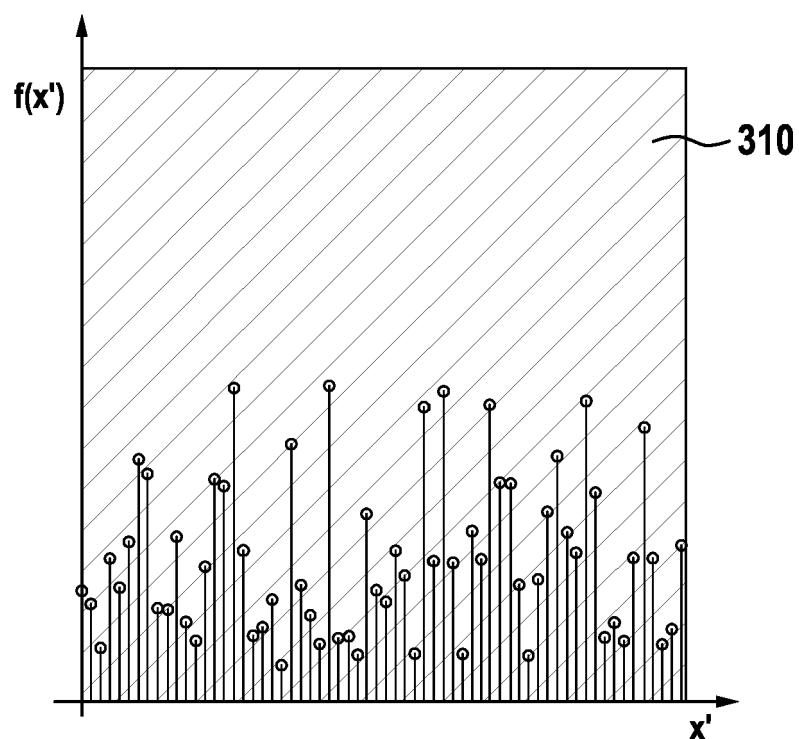


Fig. 10(c)

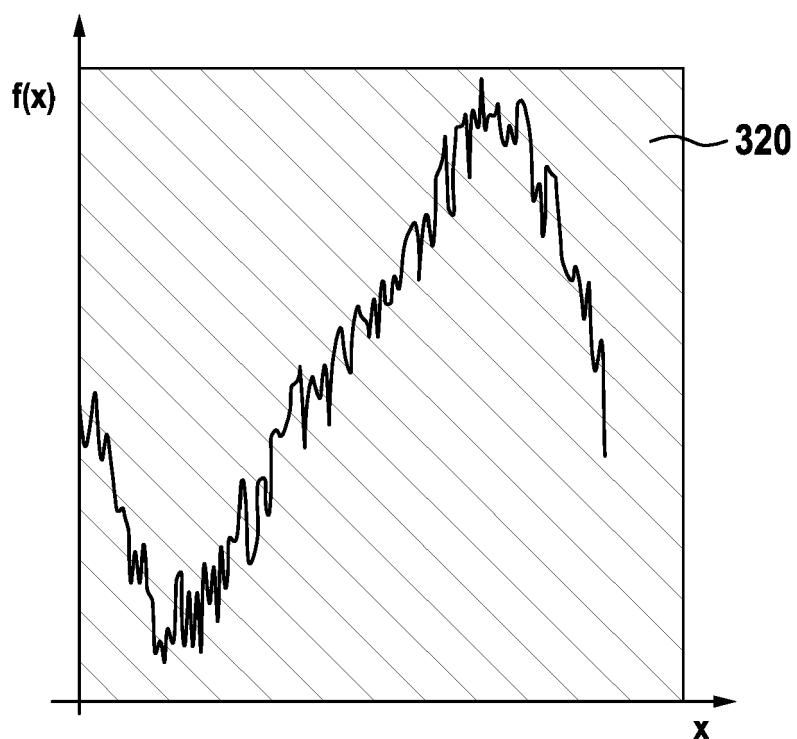


Fig. 10(d)

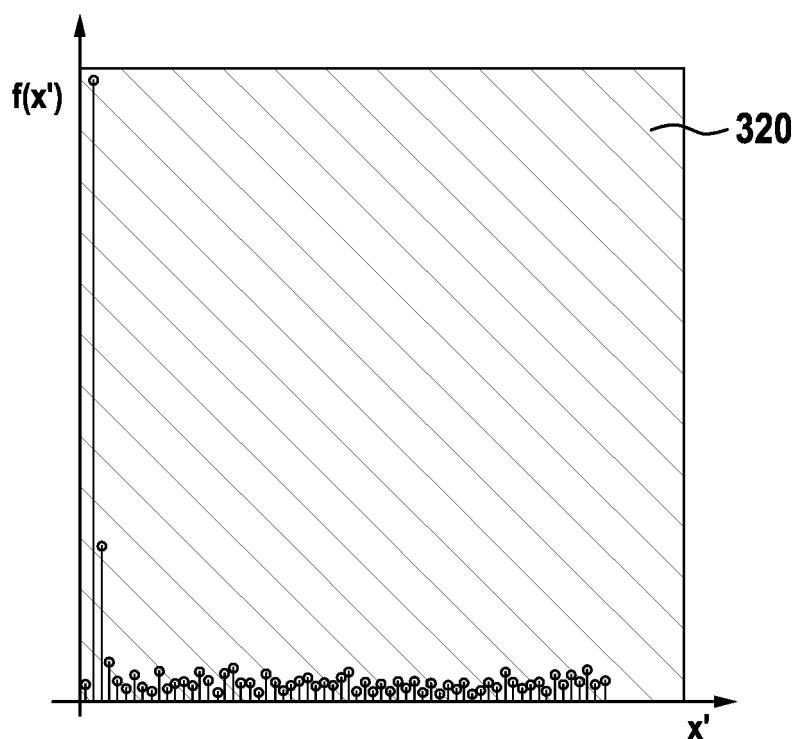


Fig. 11(a)

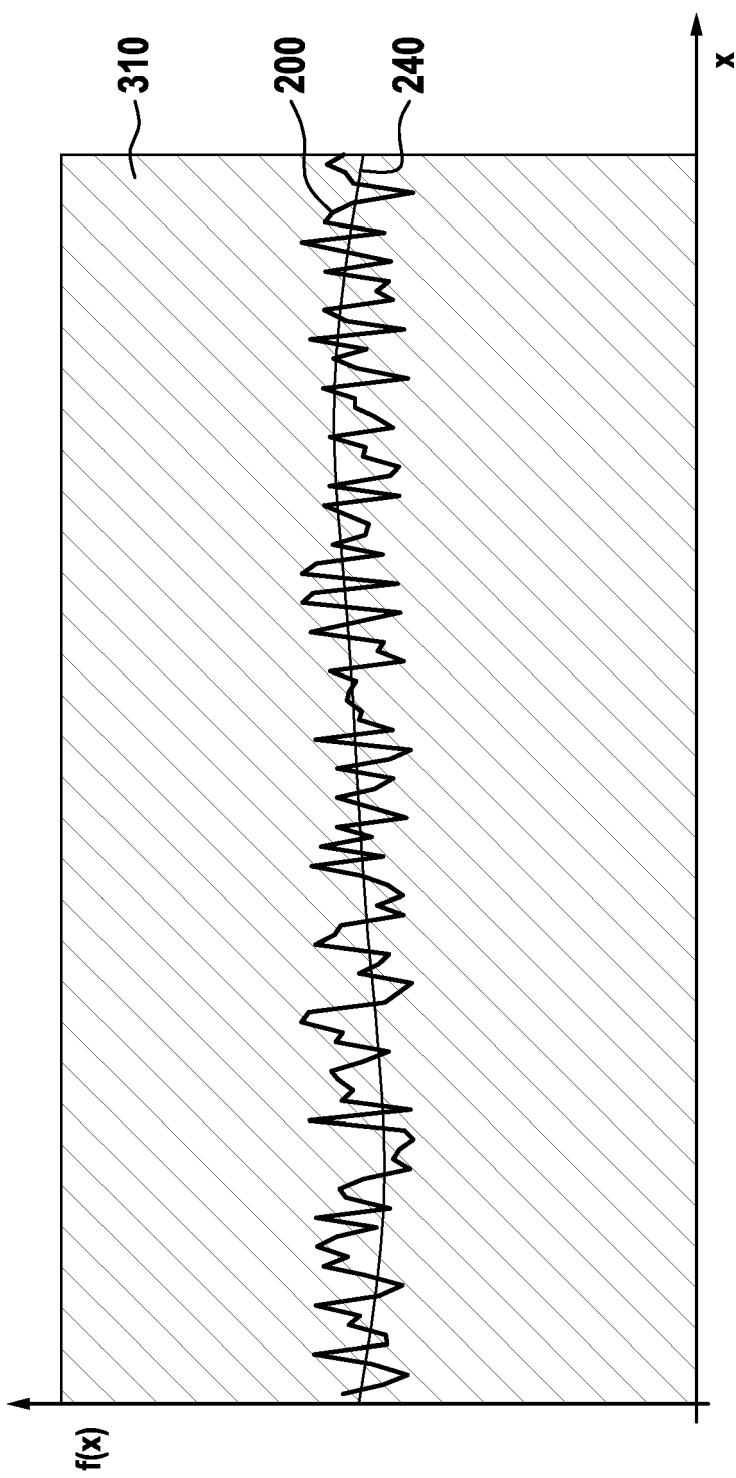


Fig. 11(b)

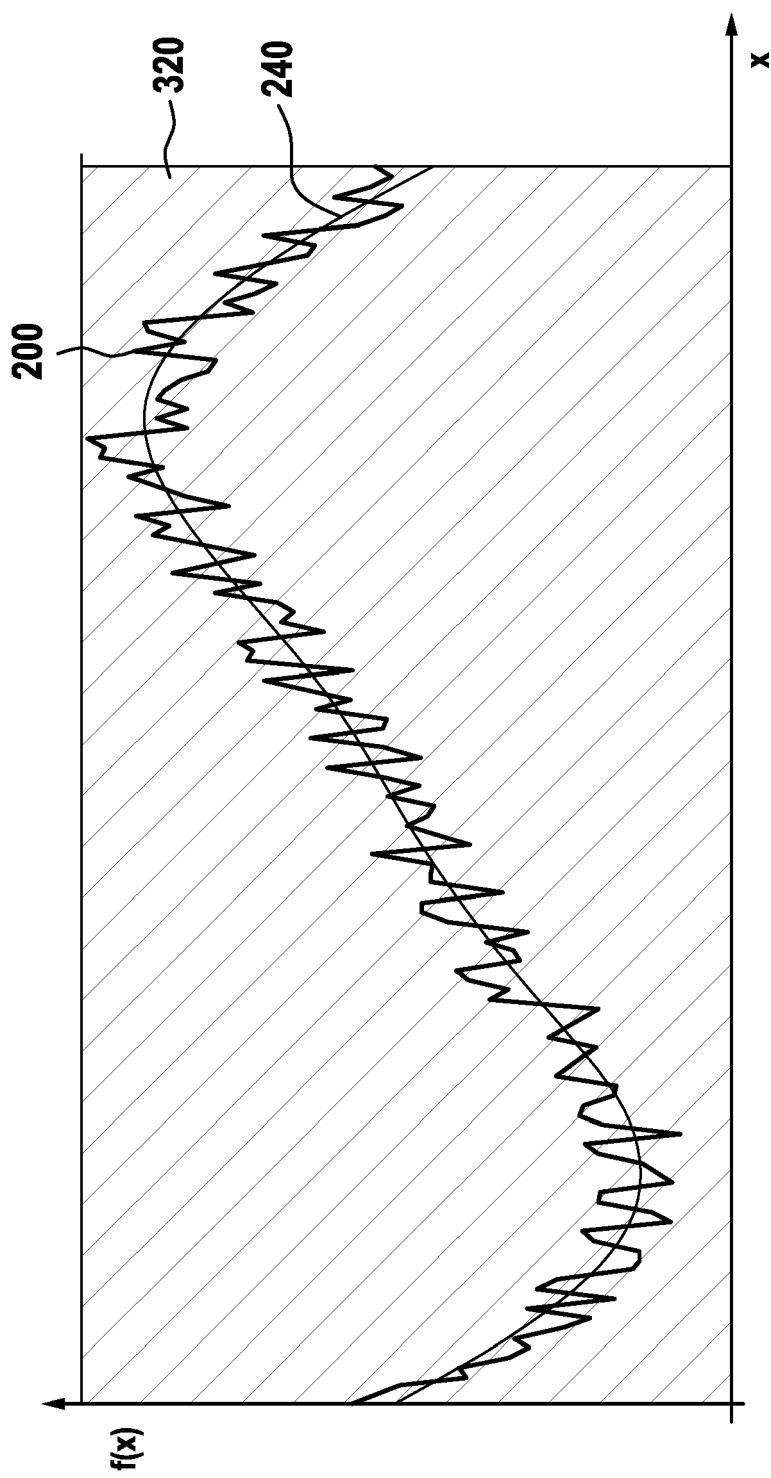


Fig. 12(a)

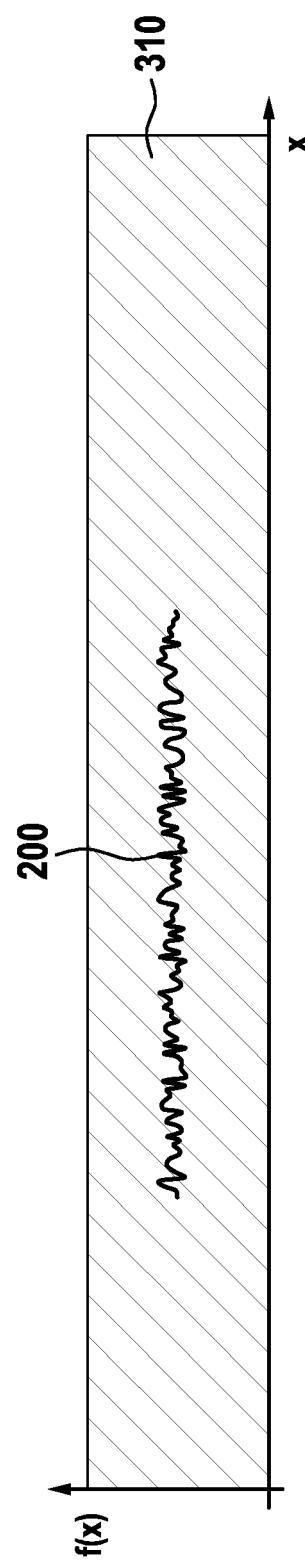


Fig. 12(b)

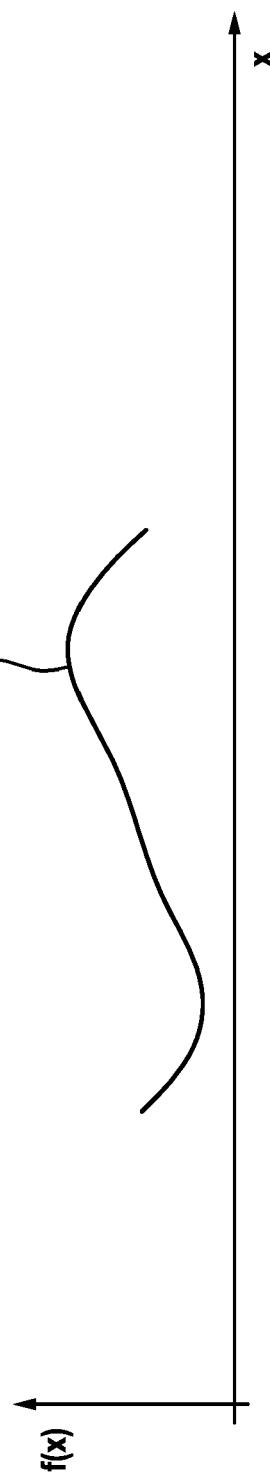


Fig. 12(c)

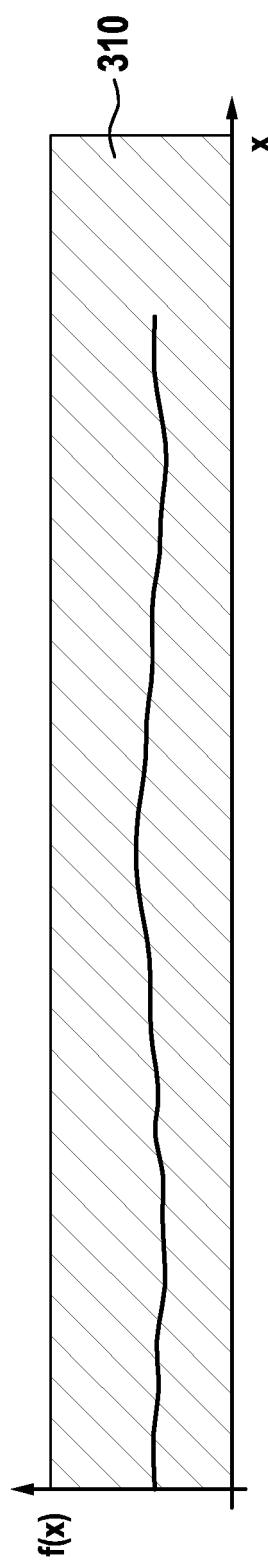


Fig. 12(d)

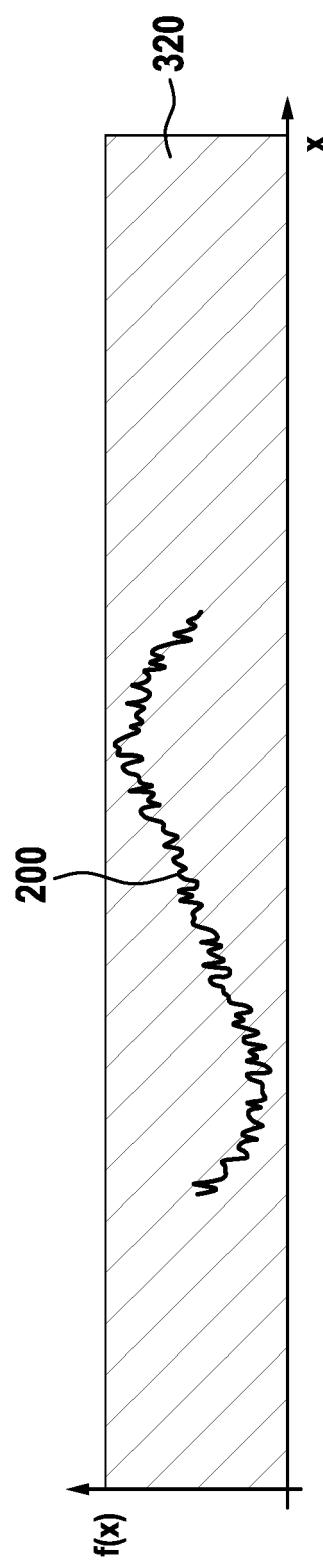


Fig. 12(e)

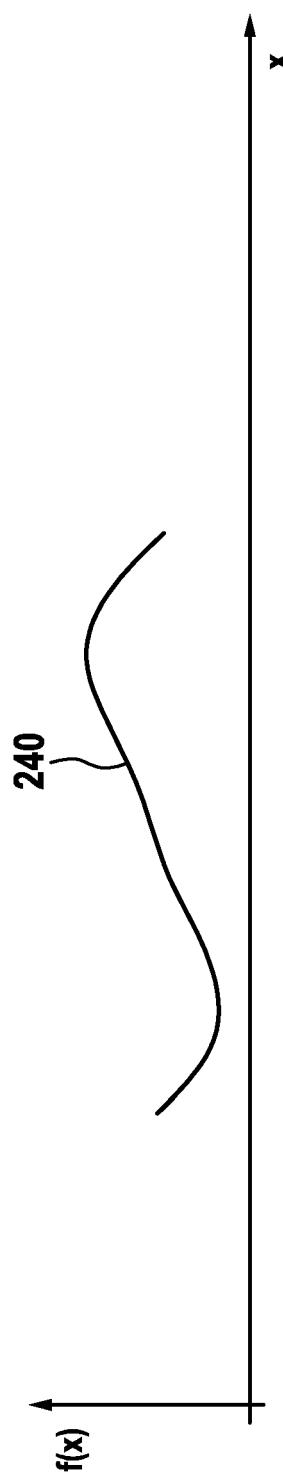


Fig. 12(f)

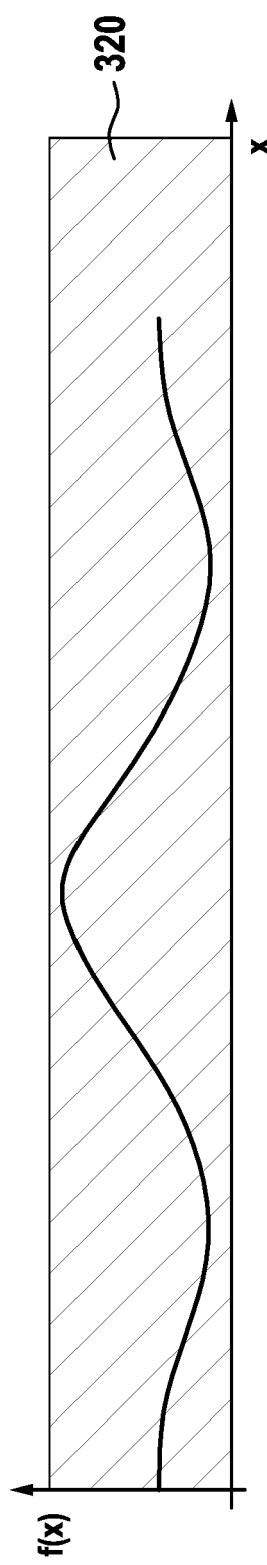
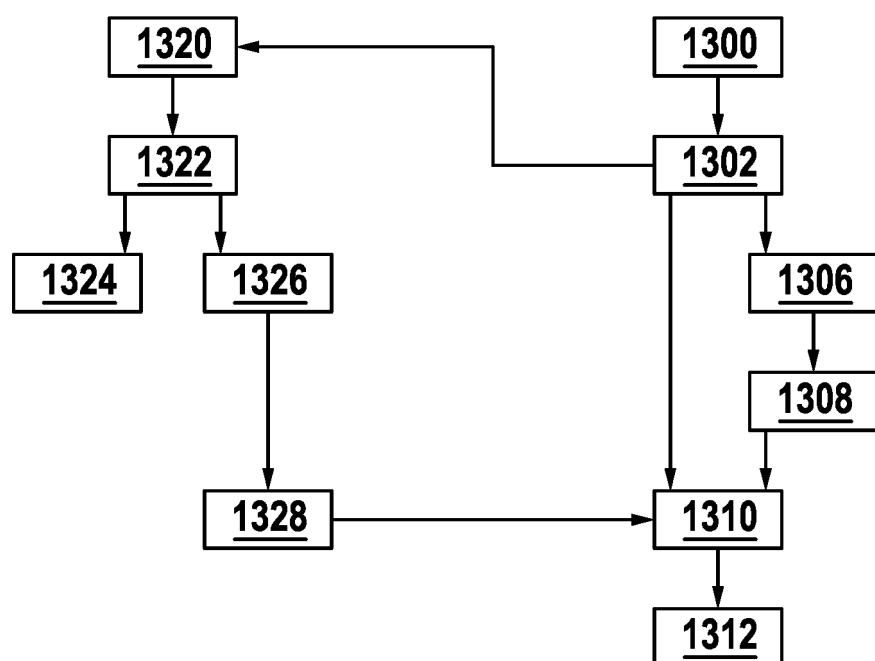


Fig. 13





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 20 3789

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE				
	Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreift Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10	X	EP 3 228 423 A1 (HILTI AG [LI]) 11. Oktober 2017 (2017-10-11) * Absatz [0011] – Absatz [0042]; Abbildung 1 *	1-9	INV. B25B23/147
15	A	DE 10 2019 215417 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 15. April 2021 (2021-04-15) * Absatz [0015] – Absatz [0188]; Abbildungen 1-14f *	1-19	
20	X	DE 10 2020 124812 A1 (MAKITA CORP [JP]) 1. April 2021 (2021-04-01) * Absatz [0027] – Absatz [0267]; Abbildungen 1-20 *	1, 2, 6, 7, 19	
25				
30				RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
				B25B
35				
40				
45				
50	1	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
	Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
	Den Haag	11. März 2024	Pothmann, Johannes	
	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 : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			
	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelddatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			
55	EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)			

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

EP 23 20 3789

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.

11-03-2024

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	EP 3228423 A1 11-10-2017	CN EP JP US WO	108698219 A 3228423 A1 3439831 A1 6676777 B2 2019513567 A 2019047133 A1 2017174300 A1	23-10-2018 11-10-2017 13-02-2019 08-04-2020 30-05-2019 14-02-2019 12-10-2017	
20	DE 102019215417 A1 15-04-2021	CN DE EP JP KR US WO	114786875 A 102019215417 A1 4041495 A1 2022551579 A 20220078627 A 2022410360 A1 2021069209 A1	22-07-2022 15-04-2021 17-08-2022 12-12-2022 10-06-2022 29-12-2022 15-04-2021	
25	DE 102020124812 A1 01-04-2021	CN DE JP US	112571359 A 102020124812 A1 7386027 B2 2021053722 A 2021094158 A1	30-03-2021 01-04-2021 24-11-2023 08-04-2021 01-04-2021	
30					
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

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

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]
- DE 202017003590 [0003]