



(11) **EP 4 528 035 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
26.03.2025 Patentblatt 2025/13

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
E02D 7/18 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **24198379.0**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
E02D 7/18

(22) Anmeldetag: **04.09.2024**

(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:
GE KH MA MD TN

(30) Priorität: **19.09.2023 DE 102023125273**

(71) Anmelder: **Liebherr-Werk Nenzing GmbH
6710 Nenzing (AT)**

(72) Erfinder:
• **KOLLER, Alfred
6844 Altach (AT)**
• **KURASCH, Raphael
6780 Schruns (AT)**
• **SCHOLZ, Matthias
6820 Frastanz (AT)**

(74) Vertreter: **Laufhütte, Dieter
Lorenz Seidler Gossel
Rechtsanwälte Patentanwälte
Partnerschaft mbB
Widenmayerstraße 23
80538 München (DE)**

(54) **VERFAHREN ZUR ÜBERWACHUNG EINER ARBEITSMASCHINE MIT MÄKLER SOWIE
ARBEITSMASCHINE MIT MÄKLER**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung des Arbeitsbetriebs einer Arbeitsmaschine, welche eine Steuerung, eine Erfassungseinrichtung, ein Trägergerät und einen daran befestigten Mäkler, an welchem ein Werkzeug, insbesondere ein Ramm- oder Bohrwerkzeug, gelagert ist, umfasst. In einem Arbeitsbetrieb der Arbeitsmaschine wird mittels der Erfassungseinrichtung mindestens eine auf eine Verbindungsstelle und/oder eine Kolben-Zylinder-Einheit aktuell wirkende Kraft erfasst und der Steuerung bereitgestellt. Erfindungsgemäß ermittelt die Steuerung eine Schwingungs-

amplitude der gemessenen Kraft, gleicht die Steuerung die Schwingungsamplitude und/oder einen davon abgeleiteten Wert gegen wenigstens einen Grenzwert ab und führt die Steuerung bei Erreichen eines Grenzwerts automatisch eine Maßnahme durch. Die Erfindung betrifft ferner eine Arbeitsmaschine, insbesondere ein Tiefbaugerät, mit einem Trägergerät, einem daran befestigten Mäkler, einer Erfassungseinrichtung und einer Steuerung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Die Erfindung betrifft ferner ein entsprechendes Computerprogrammprodukt.

EP 4 528 035 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie eine Arbeitsmaschine mit einer Steuerung zur Durchführung des Verfahrens und ein entsprechendes Computerprogrammprodukt.

[0002] Derartige Arbeitsmaschinen umfassen typischerweise ein Trägergerät mit einem Fahrwerk, das einen gegebenenfalls drehbar gelagerten Oberwagen aufnimmt. Der Oberwagen sieht wiederum einen Mäkler zur Aufnahme des benötigten Werkzeugs, beispielsweise eines Rammwerkzeugs zum Einrammen oder Einvibrieren von Rammgut oder eines Bohrwerkzeugs zum Kellybohren vor. Über Stütz- bzw. Nackenzylinder lässt sich üblicherweise die Neigung des Mäklers variieren. Bei einer Drehbohranlage zum Kellybohren wird das Bohrwerkzeug über einen Seilzug und eine teleskopierbare Kellystange betätigt. Der Mäkler kann ein Vorschubsystem mit einem entlang des Mäklers verstellbaren Schlitten umfassen, wobei der Vorschub üblicherweise mittels eines hydraulischen Vorschubzylinders oder über ein Vorschubseil erzeugt wird.

[0003] Abhängig vom Arbeitsverfahren, von den Betriebsparametern und dem Zustand der Arbeitsmaschine kann es im Arbeitsbetrieb zu kritischen Zuständen kommen. So werden beispielsweise bei Bohrgeräten häufig Kellyverlängerungen verwendet, um bei kontinuierlichen Bohr- und Mischarbeiten die erreichbaren Bohr- bzw. Mischtiefen zu vergrößern. Bei bestimmten / kritischen Drehzahlen besteht dabei die Gefahr, dass sich das Werkzeug aufschauelt bzw. aufschwingt und es dadurch zu Beschädigungen von Werkzeug und Maschine kommt. Das Aufschwingverhalten des Bohrwerkzeugs ist allerdings nur schwer vorhersehbar, da es von vielen Faktoren wie z.B. der freien Länge, der Steifigkeit, der Geradheit und der Unwucht des Werkzeugs, der Abstützung des Mäklers (Mäklerstützfuß) und der Bodeninteraktion abhängt. Auch ein Spiel in Verbindungselementen des Werkzeugs bzw. des Mäklers beeinflussen das Aufschwingverhalten.

[0004] Bisher wird beim Aufschaukeln typischerweise auf das subjektive Gefühl bzw. die Erfahrung des Bedieners der Arbeitsmaschine gesetzt. Darüber hinaus wird aus Sicherheitsgründen häufig der Betriebsbereich oder das Einsatzspektrum der Arbeitsmaschine begrenzt, beispielsweise durch Begrenzen einer maximalen Drehzahl des Bohrwerkzeugs und eine Notwendigkeit einer Betätigung eines Freigabeschalters zur Freigabe höherer Drehzahlen. Beim Bohren ist es beispielsweise üblich, den Einsatz einer Kellyverlängerung für bestimmte Einsatzgebiete mit hohen Drehzahlen nicht freizugeben, z.B. für das Bodenmischen.

[0005] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Sicherheit derartiger Arbeitsmaschinen im Arbeitsbetrieb zu erhöhen und insbesondere deren sicheren Einsatzbereich zu vergrößern.

[0006] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein

Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1, eine Arbeitsmaschine mit den Merkmalen des Anspruchs 14 sowie durch ein Computerprogrammprodukt mit den Merkmalen des Anspruchs 15 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

[0007] Demnach wird ein Verfahren zur Überwachung des Arbeitsbetriebs einer Arbeitsmaschine vorgeschlagen. Die Arbeitsmaschine umfasst eine Steuerung, eine Erfassungseinrichtung, ein Trägergerät und einen am Trägergerät befestigten Mäkler, an welchem ein Werkzeug, insbesondere ein Ramm- oder Bohrwerkzeug, gelagert ist. In einem Arbeitsbetrieb der Arbeitsmaschine wird mittels der Erfassungseinrichtung mindestens eine auf eine Verbindungsstelle und/oder eine Kolben-Zylinder-Einheit der Arbeitsmaschine aktuell wirkende Kraft erfasst und an die Steuerung übermittelt.

[0008] Erfindungsgemäß wird durch die Steuerung eine Schwingungsamplitude der durch die Erfassungseinrichtung gemessenen Kraft ermittelt. Dies erfolgt insbesondere durch einen Amplitudenerkennungsalgorithmus, welcher an sich aus dem Stand der Technik bekannt sein kann. Die aus den Messdaten ermittelte Schwingungsamplitude und/oder ein davon abgeleiteter Wert wird anschließend durch die Steuerung gegen wenigstens einen Grenzwert abgeglichen. Bei Erreichen (bzw. Unter- oder Überschreiten) eines Grenzwerts führt die Steuerung automatisch eine Maßnahme durch.

[0009] Bei der ermittelten Schwingungsamplitude handelt es sich insbesondere nicht um einen absoluten Kraftwert, sondern um einen relativen Wert, der beispielsweise in einem bestimmten Intervall (z.B. einem Schwingungszyklus) die maximale Abweichung (bzw. den Betrag der Abweichung) der erfassten Kraft von einem mittleren Kraftwert oder die Differenz eines maximalen Kraftwerts von einem minimalen Kraftwert (sog. peak-to-peak-Amplitude) repräsentiert.

[0010] Bei dem wenigstens einen Grenzwert kann es sich prinzipiell um einen dynamisch während des Arbeitsbetriebs durch die Steuerung berechneten Grenzwert handeln. Im einfachsten Fall kann der mindestens eine Grenzwert aber beispielsweise in der Steuerung oder in einem mit der Steuerung verbundenen Datenspeicher hinterlegt sein.

[0011] Ein Kerngedanke der vorliegenden Erfindung ist es, betriebskritische Zustände frühzeitig und zuverlässig durch Analyse des Schwingungsverhaltens einer Kolben-Zylinder-Einheit und/oder einer Verbindungsstelle der Arbeitsmaschine zu erkennen und automatisch geeignete Gegenmaßnahmen zu ergreifen. Die Analyse basiert dabei auf einer Kraftmessung an einer Kolben-Zylinder-Einheit und/oder einer Verbindungsstelle der Arbeitsmaschine. Hierbei werden insbesondere keine absoluten Kraftwerte wie z.B. ein Durchschnitts- bzw. Mittelwert für die Analyse herangezogen, sondern zeitliche Änderungen der erfassten Kraft.

[0012] Der Begriff "Schwingungsamplitude" ist dabei nicht auf bestimmte Schwingungen wie z.B. eine reine

Sinusschwingung begrenzt, sondern umfasst generell zeitlich variierende, schwankende bzw. schwingende Kraftverläufe. Die Schwingungen können periodisch oder nicht-periodisch sein oder eine Kombination aus periodisch schwingenden und nicht-periodisch schwindenden Abschnitten bzw. Anteilen darstellen. Derartige Kraftschwingungen können insbesondere bei sich drehenden Komponenten der Arbeitsmaschine wie beispielsweise einem Bohrwerkzeug bzw. Bohrgestänge auftreten und können eine Frequenz aufweisen, die von der Drehzahl der rotatorisch angetriebenen Komponente abhängt. Aber auch bei anderen Arbeitsvorgängen wie beispielsweise dem Einrütteln oder Einrammen von Rammgut können Schwingungen in der erfassten Kraft auftreten, die für die Überwachung herangezogen und analysiert werden können.

[0013] Durch die Analyse der zeitlichen Änderung der erfassten Kraft bzw. durch die Ermittlung der Schwingungsamplitude und die Überwachung gegen entsprechende Grenzwerte kann die Steuerung automatisch kritische Betriebszustände wie z.B. ein Aufschaukeln bzw. Aufschwingen eines Bohrwerkzeugs in bestimmten Drehzahlbereichen erkennen und selbstständig Gegenmaßnahmen ergreifen (z.B. den Bediener warnen und/oder in die Steuerung der Maschine eingreifen). Dadurch ist ein sicherer Betrieb nicht mehr davon abhängig, dass derartige kritischen Zustände durch den Maschinenbediener rechtzeitig erkannt werden. Gleichzeitig kann dadurch der Einsatzbereich der Arbeitsmaschine erweitert werden, da auch in bislang nicht oder erst nach entsprechender Freigabe zugänglichen Betriebsbereichen sicher gearbeitet werden kann. Solange die Schwingungsamplitude bzw. eine ggf. davon abgeleitete Größe innerhalb der jeweiligen Grenzen bleibt, kann ein Arbeitsbetrieb erfolgen.

[0014] Prinzipiell kann die Analyse des Schwingungsverhaltens der erfassten Kraft mit einer Erfassung und Analyse beliebiger anderer Größen und Betriebszustände kombiniert werden. Hier können auch andere Wirkprinzipien wie beispielsweise die Erfassung von Beschleunigungen (z.B. über einen oder mehrere Vibrationssensoren) herangezogen werden.

[0015] Der Begriff "Rammwerkzeug" soll vorliegend sowohl Vibrationswerkzeuge als auch klassische Rammvorrichtungen wie z.B. Hydraulikhammer umfassen. Das Trägergerät kann ein Fahrwerk, beispielsweise ein Radfahrwerk oder ein Raupenfahrwerk umfassen. Der Mäklers kann an einem um eine vertikale Drehachse drehbar auf dem Trägergerät (Unterwagen) gelagerten Oberwagen befestigt sein.

[0016] Der Mäklers ist bevorzugt um eine horizontale Schwenkachse schwenkbar an das Trägergerät und/oder einen den Mäklers mit dem Trägergerät verbindende Verstellmechanismus (auch als Mäklerskinematik bezeichnet) angelenkt. Bei der genannten Verbindungsstelle handelt es sich insbesondere um eine gelenkige Verbindung zwischen dem Mäklers und dem Trägergerät und/oder dem Verstellmechanismus. Prinzipiell kann es

sich aber um eine beliebige Verbindungsstelle zweier Komponenten der Arbeitsmaschine handeln.

[0017] Der Verstellmechanismus kann einen oder mehrere Nackenzylinder zur Ausrichtung des Mäklers und/oder eine Parallelogrammkinematik zum Bewegen des Mäklers zwischen einer Transportposition und einer aufgerichteten Arbeitsposition und/oder eine Schwinde, an welcher der Mäklers angelenkt ist, umfassen. Die Parallelogrammkinematik kann einen oder mehrere Grundarmzylinder umfassen.

[0018] Der Mäklers kann eine Mäklersführung umfassen, an welcher ein entlang der Längsachse des Mäklers verstellbarer Schlitten gelagert ist, wobei der Schlitten eine Komponente wie z.B. einen Bohrantrieb, eine Erregerzelle zur Erzeugung von Vibrationen oder einen Hydraulikhammer tragen kann. Der Schlitten kann über ein Vorschubsystem mit Vorschubseil und/oder Vorschubzylinder aktiv verstellbar sein.

[0019] Die Steuerung kann eine zentrale Steuereinheit der Arbeitsmaschine, eine separate Steuereinheit oder mehrere solche Steuereinheiten darstellen oder umfassen.

[0020] Die Erfassungseinrichtung umfasst vorzugsweise einen oder mehrere Sensoren, die an einer oder mehreren Komponenten der Arbeitsmaschine angeordnet sind. Die Erfassung der analysierten Kraft kann indirekt erfolgen, z.B. durch eine Messung eines Drucks in einem Hydraulikzylinder.

[0021] In einer möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass eine aktuell auf einen Nackenzylinder zur Ausrichtung bzw. Neigung des Mäklers gegenüber der Vertikalen und/oder auf einen Grundarmzylinder einer Parallelogrammkinematik zur Bewegung des Mäklers zwischen einer Transport- und einer aufgerichteten Arbeitsstellung wirkende Kraft erfasst und der Steuerung für die Überwachung des Arbeitsbetriebs bereitgestellt wird. Diese hydraulischen Zylinder sind zwischen dem Mäklers und dem Trägergerät angeordnet, sodass sich Schwingungen des Mäklers bzw. des Werkzeugs auf sie auswirken. Durch Erfassen der Kräfte (die insbesondere aus in den Zylindern herrschenden Drücken ableitbar sind) lässt sich daher das Schwingungsverhalten des Mäklers bzw. des daran befestigten Werkzeugs überwachen.

[0022] Alternativ oder zusätzlich kann eine aktuell auf einen Mäklersstützfuß oder eine beliebige andere, auf den Mäklers wirkende Kraft erfasst und der Steuerung für die Überwachung bereitgestellt werden.

[0023] In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Steuerung eine Änderung der Schwingungsamplitude und/oder einer davon abgeleiteten Größe über die Zeit ermittelt und gegen wenigstens einen Grenzwert abgleicht. So kann beispielsweise eine starke und/oder schnelle Änderung der Schwingungsamplitude auf einen Drehzahlbereich eines Werkzeugs bzw. Bohrantriebs hindeuten, welcher zu einem Aufschwingverhalten führt.

[0024] In einer weiteren möglichen Ausführungsform

ist vorgesehen, dass die durch die Steuerung automatisch ergriffene Maßnahme eine Ausgabe eines optischen und/oder akustischen Signals, insbesondere Warnsignals, an einen Bediener umfasst. So kann eine Anzeige einer Warnung auf einer Anzeigeeinheit in einer Fahrerkabine der Arbeitsmaschine und/oder auf einem mobilen Endgerät erfolgen. Die Übermittlung des Signals kann kabelgebunden oder drahtlos erfolgen.

[0025] Alternativ oder zusätzlich kann die durch die Steuerung automatisch ergriffene Maßnahme eine Ausgabe eines Steuersignals bzw. einen automatischen Eingriff in einen aktuellen Arbeitsbetrieb der Arbeitsmaschine umfassen. Die Steuerung kann insbesondere eine die Schwingungsamplitude beeinflussende Maschinenbewegung, beispielsweise eine Drehzahl eines Bohrgestänges oder Bohrantriebs, verlangsamen (z.B. Drehzahlreduktion), stoppen oder umkehren. Die Steuerung ist hierzu insbesondere mit entsprechenden Aktuatoren der Arbeitsmaschine verbunden, die die Bewegung verschiedener Komponenten der Arbeitsmaschine wie z.B. Bohrantrieb, Mätklerkinematik, Oberwagen, Kellyseil und/oder Vorschubsystem steuern.

[0026] Die Steuerung kann somit ein entsprechendes Assistenzsystem für den Bediener darstellen oder umfassen, welches den Bediener automatisch vor kritischen Betriebszuständen warnt und/oder automatisch in die Maschinensteuerung eingreift.

[0027] In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Schwingungsamplitude eine peak-to-peak-Amplitude (auch Spitze-Tal-Wert genannt) der erfassten Kraft ist.

[0028] Bei der Schwingungsanalyse für die erfindungsgemäße Überwachung wird vorzugsweise kein gemittelter Wert (z.B. Durchschnitt, Median, Langzeitmaximum, Langzeitminimum etc.) der erfassten Kraft berücksichtigt. Alternativ oder zusätzlich wird vorzugsweise bei der Schwingungsanalyse für die erfindungsgemäße Überwachung keine Schwingungsfrequenz berücksichtigt. Im einfachsten Fall wird also lediglich die Schwingungsamplitude ermittelt und analysiert, was durch entsprechende Algorithmen schnell, einfach und zuverlässig möglich ist. Selbstverständlich kann die erfasste Kraft für zusätzliche Analysen / Überwachungen eingesetzt werden, wobei hierfür auch gemittelte Werte und/oder Schwingungsfrequenzen analysiert werden können.

[0029] In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Erfassungseinrichtung zusätzlich eine oder mehrere der nachfolgend aufgeführten Größen erfasst und der Steuerung zur Überwachung des Arbeitsbetriebs und zum Abgleich gegen wenigstens einen entsprechenden Grenzwert bereitstellt.

[0030] Die Steuerung kann durch die Erfassungseinrichtung eine aktuelle Position einer Kolben-Zylinder-Einheit, insbesondere eines Nackenzylinders und/oder eines Grundarmzylinders und/oder eines Vorschubzylinders und/oder eines Mätklerabstützzylinders bzw. Mätklerstützfußes, erhalten. Hierbei kann es sich um eine

Ausschubposition einer Kolbenstange des Zylinders handeln.

[0031] Alternativ oder zusätzlich kann die Steuerung durch die Erfassungseinrichtung eine aktuelle Geschwindigkeit und/oder eine aktuelle Beschleunigung einer Komponente der Arbeitsmaschine erhalten, beispielsweise eine aktuelle Drehgeschwindigkeit eines Bohrantriebs und/oder eines Bohrgestänges bzw. Bohrwerkzeugs.

[0032] Alternativ oder zusätzlich kann die Steuerung durch die Erfassungseinrichtung einen aktuellen Zylinderdruck einer Kolben-Zylinder-Einheit der Arbeitsmaschine erhalten, insbesondere einen Hydraulikdruck in einem Nackenzylinder und/oder Grundarmzylinder und/oder Vorschubzylinder und/oder Mätklerabstützzylinder. Aus dem erfassten Druck lässt sich die entsprechende Kraft berechnen, wobei sich eine Änderung einer Druckschwingung in eine Änderung der entsprechenden Kraft übersetzt.

[0033] Alternativ oder zusätzlich kann die Steuerung durch die Erfassungseinrichtung eine aktuelle Position einer Komponente der Arbeitsmaschine erhalten, insbesondere eine aktuelle Position des Mätklers (z.B. Erfassung der Ausladung und/oder Neigung des Mätklers) und/oder eines am Mätkler gelagerten Schlittens und/oder eines Bohrwerkzeugs und/oder eines Oberwagens (z.B. Erfassung des Oberwagendrehwinkels) und/oder eines an der Mätklerspitze angeordneten Galgens und/oder einer Teilkomponente eines Parallelogrammkinematik wie z.B. eines Grundarms und/oder einer mit dem Mätkler verbundenen Schwinde.

[0034] Alternativ oder zusätzlich kann die Steuerung durch die Erfassungseinrichtung eine aktuelle Bohrtiefe erhalten.

[0035] In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass über die Erfassungseinrichtung eine aktuelle Bohrtiefe erfasst und in Relation zur ermittelten Schwingungsamplitude gesetzt wird, wobei die Steuerung aus der genannten Relation eine Bodenbeschaffenheit ermittelt und/oder ein Bodenmodell, insbesondere in Form eines Bodentiefenprofils, erstellt. Dadurch können die zur erfindungsgemäßen Überwachung herangezogenen Messwerte gleichzeitig zur Bewertung der Bodenverhältnisse bzw. zum Erstellen eines Bodentiefenprofils verwendet werden. Hierfür können zusätzliche Daten und/oder Messwerte herangezogen werden.

[0036] In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass aus der ermittelten Schwingungsamplitude auf einen aktuellen Zustand wenigstens einer Komponente der Arbeitsmaschine geschlossen wird. Dies schließt den Zustand von Verbindungen mit anderen Komponenten der Arbeitsmaschine ein. So hat es beispielsweise einen Einfluss auf die Schwingungsamplitude, wenn eine Verbindung zwischen einem am Mätkler gelagerten Schlitten und dem Mätkler oder zwischen dem Mätkler und dem Trägergerät oder einem Verstellmechanismus ein verschleißbedingtes Spiel aufweist. Die Analyse der Schwingungsamplitude der erfassten

Kraft ermöglicht also Aussagen über den aktuellen Zustand der Arbeitsmaschine. Hierfür wird vorzugsweise die ermittelte Schwingungsamplitude oder ein zeitlicher Verlauf der Schwingungsamplitude mit einem früheren Messwert oder erfassten Verlauf verglichen, um insbesondere durch eine erkannte Abweichung auf einen aktuellen Zustand der Arbeitsmaschine zu schließen.

[0037] In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass der wenigstens eine Grenzwert für die Schwingungsamplitude und/oder für einen davon abgeleiteten Wert auf früheren Messdaten derselben Arbeitsmaschine basiert. Der wenigstens eine Grenzwert kann beispielsweise durch Messungen auf einem Prüfstand ermittelt werden. Ebenfalls ist denkbar, dass die Messdaten der erfassten Kraft in einem Datenspeicher archiviert werden und aus diesen Daten ein entsprechender Grenzwert für das verwendete Werkzeug und/oder den betrachteten Arbeitsmodus ermittelt wird, welcher für die Überwachung des weiteren Arbeitsbetriebs zugrunde gelegt wird. Alternativ oder zusätzlich können Messdaten mehrerer Arbeitsmaschinen einer Flotte ausgewertet werden. Diese speichern vorzugsweise ihre erfassten Messwerte auf entsprechenden Datenspeichern, sodass sie später ausgewertet werden können.

[0038] Alternativ ist aber selbstverständlich denkbar, dass der wenigstens eine Grenzwert nicht aus früheren Messdaten ermittelt, sondern anderweitig festgelegt wird, beispielsweise durch eine Simulation und/oder eine Berechnung.

[0039] In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Steuerung eine Differenz oder ein Verhältnis der erfassten Schwingungsamplitude zu einem festgelegten Referenzwert und/oder zu einem früheren Messwert der Schwingungsamplitude ermittelt, die Differenz oder das Verhältnis gegen wenigstens einen Grenzwert abgleicht und bei Erreichen eines Grenzwerts automatisch eine Maßnahme durchführt. Hierdurch kann die Steuerung auf eine schlagartige Veränderung der Schwingungsamplitude reagieren. Ist diese Änderung stärker als ein festgelegter Referenzwert und/oder zu einem bestimmten früheren Messwert (beispielsweise dem zuvor erfassten Wert), so wird automatisch eine Maßnahme ergriffen. Die Differenz bzw. das Verhältnis kann eine Veränderung zu größeren oder zu kleineren Schwingungsamplituden betreffen.

[0040] In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Steuerung aus der ermittelten Schwingungsamplitude und/oder einem davon abgeleiteten Wert sowie vorzugsweise aus früheren Messwerten der erfassten Kraft eine Prognose für einen zukünftigen Zustand wenigstens einer Komponente der Arbeitsmaschine berechnet. Der Prognose kann ein zeitlicher Verlauf der erfassten Schwingungsamplitude oder eines davon abgeleiteten Werts zugrunde liegen. Darüber hinaus kann ein Modell der Arbeitsmaschine und/oder eine aktuelle Maschinenkonfiguration und/oder mindestens ein weiterer Zustandswert berücksichtigt wer-

den. Dadurch ist es beispielsweise möglich, das Erreichen einer definierten Verschleißgrenze einer oder mehrerer Komponenten der Arbeitsmaschine (z.B. eines Bohrwerkzeugs oder eines Bohrgestänges) oder eines Zeitpunkts zukünftiger Wartungsarbeiten ("predictive maintenance") vorherzusagen.

[0041] In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Steuerung für die Überwachung des Arbeitsbetriebs eine aktuelle Maschinenkonfiguration berücksichtigt. Diese kann in der Steuerung hinterlegt und/oder durch Sensoren der Erfassungseinrichtung automatisch erkennbar sein. Alternativ oder zusätzlich kann die Arbeitsmaschine eine Eingabeeinheit umfassen, über die ein Bediener eine aktuelle Maschinenkonfiguration (z.B. einen verwendeten Werkzeugtyp) sowie ggf. weitere Einstellungen bzw. Maschinenparameter eingeben kann.

[0042] Die Erfindung betrifft weiterhin eine Arbeitsmaschine mit einem Trägergerät, einem am Trägergerät befestigten Mäkler, einer Erfassungseinrichtung und einer Steuerung, wobei die Steuerung eingerichtet ist, das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen. Bei der Arbeitsmaschine handelt es sich vorzugsweise um ein Tiefbaugerät, insbesondere eine Drehbohranlage oder eine Vibrationsramme, wobei prinzipiell jede beliebige Arbeitsmaschine mit einem Mäkler in Frage kommt. Auch ist eine Arbeitsmaschine mit einem Mäkler denkbar, an welchem eine Schlitzwandfräse befestigt ist. Dabei ergeben sich offensichtlich dieselben Eigenschaften und Vorteile wie für das erfindungsgemäße Verfahren, weshalb auf eine wiederholende Beschreibung verzichtet wird.

[0043] Die Erfindung betrifft ferner ein Computerprogrammprodukt, welches Befehle umfasst, die bei einer Ausführung des Programms auf der Steuerung der erfindungsgemäßen Arbeitsmaschine bewirken, dass die Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgeführt werden. Auch hierbei ergeben sich offensichtlich dieselben Eigenschaften und Vorteile wie für das erfindungsgemäße Verfahren, weshalb auf eine wiederholende Beschreibung verzichtet wird.

[0044] Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den nachfolgend anhand der Figuren erläuterten Ausführungsbeispielen. Es zeigen:

Figur 1: eine Seitenansicht eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Arbeitsmaschine; und

Figur 2: ein Beispiel eines zeitlichen Verlaufs der erfassten Kraft während des Bohrbetriebs bei variierender Bohrantriebsdrehzahl.

[0045] Die Figur 1 zeigt ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Arbeitsmaschine 10 in einer seitlichen Ansicht, wobei es sich bei dem vorliegend diskutierten Ausführungsbeispiel um eine Drehbohranlage 10 zum Kellybohren mit Verrohrung handelt.

Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf derartige Arbeitsmaschinen beschränkt. Beispielsweise könnte es sich auch um eine Vibrationsramme, ein Rammgerät mit Hydraulikhammer oder ein Trägergerät mit Schlitzwandfräse handeln. Ebenfalls kann eine Drehbohrmaschine unterschiedliche Bohrwerkzeuge aufweisen, beispielsweise zum Endlosschneckenbohren oder Doppelkopfbohren.

[0046] Die Arbeitsmaschine 10 dieses Ausführungsbeispiels umfasst ein Trägergerät 11, welches wiederum einen Unterwagen 12 mit Raupenfahrwerk und einen um eine vertikale Drehachse drehbar auf dem Unterwagen 12 gelagerten Oberwagen 13 umfasst. Am Oberwagen 13 ist ein Mäkler 14 montiert, welcher über einen Verstellmechanismus 20 relativ zum Oberwagen 13 verstellbar ist. Der Verstellmechanismus 20 kann, wie in der Figur 1 gezeigt, eine Parallelogrammkinematik mit mehreren parallelen Grundträgern bzw. Grundarmen umfassen, die mit einer Schwinge gelenkig verbunden und über einen oder mehrere hydraulische Grundarmzylinder um horizontale Schwenkachsen relativ zum Oberwagen 13 verschwenkbar sind. Dadurch lässt sich der Mäkler 14 von einer im Wesentlichen horizontalen Transportstellung in die dargestellte aufrechte Arbeitsposition bewegen.

[0047] Der Mäkler 14 kann relativ zur Vertikalen über einen oder mehrere hydraulische Nackenzylinder 22 (auch als Stützzylinder bezeichnet) verstellt werden. Im Folgenden wird von zwei Nackenzylindern 22 ausgegangen. Diese sind mit der Schwinge und mit dem Mäkler 14 verbunden und verschwenken den Mäkler 14 durch entsprechendes Ausfahren oder Einfahren der jeweiligen Kolbenstange. Allerdings sind auch alternative Verstellmechanismen mit Nackenzylinder(n) denkbar. So könnten beispielsweise ein oder mehrere Nackenzylinder den Mäkler 14 direkt mit dem Trägergerät 11 bzw. Oberwagen 13 oder mit einem im Boden verankerten Gestell verbinden. Bei all diesen Konfigurationen ist das erfindungsgemäße Verfahren durch eine Kraftmessung an dem mindestens einen Nackenzylinder durchführbar.

[0048] Bei dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel trägt der Mäkler 14 ein insbesondere teleskopierbares Bohrgestänge 17 in Form einer Kellystange, an deren unterem Ende sich ein Bohrer 16 (= Werkzeug) befindet. Der Mäkler 14 kann eine Mäklführung aufweisen, über welche ein Schlitten 18 entlang der Längsrichtung des Mäklers 14 verschiebbar am Mäkler 14 gelagert ist. Ein solcher Schlitten 18 muss bei der erfindungsgemäßen Arbeitsmaschine 10 nicht zwingend vorhanden sein. Der Schlitten 18 trägt in dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel einen Bohrantrieb 19, der die Kellystange 17 rotatorisch antreibt, und kann mittels eines Vorschubsystems (nicht dargestellt), welches einen hydraulischen Vorschubzylinder oder ein über eine Vorschubwinde betätigbares Vorschubseil umfassen kann, entlang des Mäklers 14 aktiv verstellbar sein. Die Arbeitsmaschine 10 kann ferner ein rotatorisch über den Bohrantrieb 19 antreibbares Druckrohr aufweisen, um ein Stützrohr (nicht

dargestellt) ins Erdreich einzutreiben.

[0049] Die Betätigung der Kellystange 17 erfolgt insbesondere durch ein Kellyseil (nur teilweise dargestellt), welches von der Kellystange 17 über einem am oberen Ende bzw. Kopf des Mäklers 14 sitzenden Galgen 15 bis zu einer Kellywinde geführt ist, die ebenfalls am Mäkler 14 angeordnet sein kann. Der Bohrer 16 kann dem Bohrfortschritt entsprechend über das Kellyseil und die Kellystange 17 ins Erdreich abgelassen werden.

[0050] Bei bestimmten / kritischen Drehzahlen des Bohrantriebs 19 bzw. der Kellystange 17 besteht die Gefahr, dass sich das Werkzeug 16 aufschwingen kann und es zu Beschädigungen von Werkzeug 16 und Arbeitsmaschine 10 kommt. Das Aufschwingverhalten des Werkzeugs 16 ist dabei nur schwer vorhersehbar, da es von vielen Faktoren abhängt, beispielsweise der freien Länge des Werkzeugs 16, der Steifigkeit des Werkzeugs 16, der Geradheit des Werkzeugs 16, einer möglichen Verschmutzung des Werkzeugs 16, einer möglichen Unwucht des Werkzeugs 16 um die Drehachse, der Bodeninteraktion, einem evtl. vorhandenen Spiel in Verbindungselementen zwischen Werkzeug 16, Bohrgestänge 17, Mäkler 14, Schlitten 18, Verstellmechanismus 20 und/oder Oberwagen 13 usw.

[0051] Die Arbeitsmaschine 10 umfasst eine Steuerung 30, welche in der Figur 1 schematisch über einen Kasten 30 angedeutet ist. Die Steuerung 30 kann an einer beliebigen Stelle an bzw. in der Arbeitsmaschine 10 angeordnet sein und kann der Maschinensteuerung entsprechen. Die Steuerung 30 kann eine einzige oder mehrere miteinander verbundene Steuereinheiten umfassen.

[0052] Die Arbeitsmaschine 10 umfasst des Weiteren eine Erfassungseinrichtung 32, welche mindestens einen Sensor, vorzugsweise eine Vielzahl von Sensoren umfasst, die mit der Steuerung 30 verbunden sind und dieser Messdaten bereitstellen. Einer der Sensoren der Erfassungseinrichtung 32 erfasst eine aktuelle Kraft, welche auf eine Kolben-Zylinder-Einheit und/oder mindestens eine Verbindungsstelle der Arbeitsmaschine 10 wirkt und stellt sie der Steuerung 30 zur Auswertung bereit. Anhand der erfassten Kraft werden kritische Betriebszustände der Arbeitsmaschine 10 überwacht, wie nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels erläutert wird, bei dem die Erfassungseinrichtung 32 die auf einen oder beide Nackenzylinder 22 wirkende Kraft erfasst und der Steuerung 30 übermittelt.

[0053] Ein Beispiel für das beschriebene Aufschwingverhalten des Werkzeugs 16 ist in der Figur 2 gezeigt. Hierbei repräsentiert die Kurve 40 die im Nackenzylinder 22 erfasste Kraft während des Betriebs. Die Kraft kann beispielsweise über einen Drucksensor ermittelt werden, welcher einen im Nackenzylinder 22 herrschenden Druck erfasst, oder direkt über einen Kraftsensor. Hierbei kann es sich um die auf einen einzigen Nackenzylinder 22 erfasste Kraft oder beispielsweise um eine über beide Nackenzylinder 22 gemittelte / addierte etc. Kraft handeln. In der Figur 1 ist die im Nackenzylinder 22 wirkende

Kraft sowie die entsprechende Gegenkraft jeweils durch einen Pfeil angedeutet.

[0054] Bei dem Diagramm der Figur 2 repräsentiert die x-Achse die Zeit und die linke y-Achse die erfasste Kraft im Nackenzylinder 22. Die rechte y-Achse repräsentiert die Drehzahl des Bohrantriebs 19 und somit die Drehzahl des Bohrwerkzeugs 16. Die entsprechende Drehzahlkurve ist mit dem Bezugszeichen 42 bezeichnet. Es ist zu erkennen, dass bei dem zugrundeliegenden Versuch die Drehzahl stufenweise erhöht wurde und dass sich in gewissen Drehzahlbereichen die Schwingungsamplitude der erfassten Kraft, d.h. die peak-to-peak-Amplitude der Kraftkurve 40 deutlich erhöht. Ein erstes Aufschwingen ist in dem hier gezeigten Beispiel bei ca. 42 Umdrehungen / Minute zu beobachten (siehe vertikale Linie 44), ein zweites Aufschwingen bei ca. 62 Umdrehungen / Minute (siehe vertikale Linie 46) (diese Werte sind selbstverständlich nur beispielhaft und hängen vom genauen Aufbau der Arbeitsmaschine 10 und von der Ausgestaltung des Versuchsaufbaus ab - sie demonstrieren aber das zugrunde liegende Prinzip des Aufschwingens bei höheren Drehzahlen).

[0055] Die Absolutwerte der erfassten Kraft sind an sich insbesondere unkritisch. Das Aufschaukeln der Schwingungen stellt den kritischen Betriebszustand dar. Ebenfalls wird deutlich, dass sich dieser kritische Zustand nicht in einem gemittelten Kraftwert, einem Maximalwert der erfassten Kraft oder in einer Schwingungsfrequenz bzw. Erregerfrequenz niederschlägt, sondern in einer Änderung der Schwingungsamplitude.

[0056] Die Steuerung 30 der erfindungsgemäßen Arbeitsmaschine 10 ermittelt aus der erfassten Kraft die Schwingungsamplitude (insbesondere peak to peak) und gleicht diese mit wenigstens einem Grenzwert ab, um kritische Betriebszustände frühzeitig zu erkennen und darauf zu reagieren.

[0057] So kann beispielsweise der Bediener der Arbeitsmaschine 10 gewarnt werden, wenn ein Amplitudengrenzwert überschritten wird. Die Ermittlung der Amplitudengrenzwerte kann über Messdaten der Arbeitsmaschine oder über Messwerte einer kompletten Flotte von solchen Arbeitsmaschinen sowie eine Auswertung dieser Messdaten vorgenommen werden. Neben der Warnung an den Bediener bzw. Fahrer ist auch die Implementierung eines Assistenzsystems denkbar, welches automatisch auf die gemessenen Schwingungsamplituden reagiert und Gegenmaßnahmen einleitet. Im beschriebenen Fall könnte das zum Beispiel eine Reduktion der Bohrantriebsdrehzahl sein, um wieder in einen unkritischen Bereich zu gelangen.

[0058] Neben der Kraftmessung an dem mindestens einen Nackenzylinder 22 können weitere Messsensoren an der Arbeitsmaschine 10 verbaut sein, beispielsweise mindestens ein Beschleunigungssensor am Bohrantrieb 19, mindestens ein optischer Wegsensor am Nackenzylinder 22, wenigstens ein Drucksensor in einem Grundarmzylinder, wenigstens ein Neigungsgeber an einem Grundarm, wenigstens ein Neigungsgeber an einer

Schwinge und/oder wenigstens ein Neigungsgeber am Galgen 15.

[0059] Neben der beschriebenen Anwendung sind auch weitere Analyse- und Überwachungsmöglichkeiten der erfassten Kraft denkbar:

So könnte über das Aufzeichnen der Schwingungsamplitude als Funktion einer erfassten momentanen Bohrtiefe eine Bewertung der Bodenverhältnisse über die Bohrtiefe vorgenommen, also ein Bodenprofil ermittelt werden.

[0060] Über das Schwingverhalten der Kraft am bzw. im Nackenzylinder 22 können alternativ oder zusätzlich Rückschlüsse über einen aktuellen Zustand der Arbeitsmaschine 10 oder zumindest einer Komponente der Arbeitsmaschine 10 detektiert werden. Hier wäre es vorstellbar, dass alle mechanischen Verbindungen mit Spiel bewertet werden können. Sind beispielsweise Führungselemente eines Schlittens 18 zur Führung und Lagerung des Schlittens 18 am Mäklär 14 verschlissen oder ist eine Bolzenpassung am Verstellmechanismus ausgeschlagen, kann dies an den Schwingungsamplituden des bzw. der Nackenzylinder 22 gemessen werden. Ausgehend vom dadurch detektierten aktuellen Zustand der Arbeitsmaschine 10 ist auch eine Aussage für zukünftige Wartungsarbeiten möglich (predictive maintenance). Hierzu könnten die erfassten Schwingungsamplituden oder ein Verlauf der Schwingungsamplituden über eine bestimmte Zeit mit früheren Daten anderer Arbeitsmaschinen (oder derselben Arbeitsmaschine 10 vor früheren Wartungsarbeiten) verglichen werden. Aus den früheren Daten ließe sich beispielsweise ableiten, dass bei Erreichen einer bestimmten Schwingungsamplitude bei einer bestimmten Drehzahl ein Austausch oder eine Wartung in einer vorgegebenen Zeit durchzuführen ist.

[0061] Beim Bohren kommt es immer wieder vor, dass sich das Bohrwerkzeug 16 im Boden schlagartig einhängt, z.B. wenn das Bohrwerkzeug 16 auf einen Findling trifft. Diese schlagartigen Belastungen stellen große Herausforderungen für die mechanische Konstruktion und beispielsweise für eine hydraulische Antriebseinheit am Bohrantrieb 19, dar. Treten solche Events nur vereinzelt auf, ist die Arbeitsmaschine 10 in der Regel dafür ausgelegt. Dabei werden die statischen Belastungen der Auslegung nicht überschritten. Bei häufiger Wiederholung kann es aber zu Beschädigungen an der Arbeitsmaschine 10 kommen. Durch das Messen und Analysieren der Zylinderkraft im Nackenzylinder 22, im Grundarmzylinder und/oder in einer Mäklärabstützung können die Anzahl, das Ausmaß und die Häufigkeit dieser Events erfasst werden. Hier kann wiederum der Bediener der Arbeitsmaschine 10 und/oder ein Betreiber gewarnt werden. Außerdem können diese Daten für eine zukünftige Auslegung der Trägergeräte herangezogen werden.

[0062] Auch in anderen Anwendungen im Spezialtiefbau könnten über die Erfassung der Belastung im Nackenzylinder 22 Fehlbedienungen detektiert werden. Dies soll anhand eines Beispiels im Falle einer Vibrationsramme näher erläutert werden: Es werden zwei

Bohlen über das Schloss mit einer Einfachklemmzange eingetrieben. Beim Ansetzen einer Doppelbohle rutscht eine der beiden Bohlen um einige cm ab. Der Fahrer kann dies nicht sehen, da sich die Bohle nicht in seinem Blickfeld befindet. Die abgerutschte Bohle kann dadurch nur noch minimal mit der Spitze der Klemmzange geklemmt werden. Trotz der schlechten Klemmung versucht der Fahrer, die Bohlen einzurütteln. Durch diese unsymmetrische Belastung der Klemmzange kann es zu Beschädigungen der Klemmzange und der Bohle kommen. Außerdem kann der Fahrer die Bohle ggf. nicht vollständig einbringen und muss diese zeitintensiv neu einrichten. Dieses Problem einer nicht optimalen Klemmung kann durch eine Analyse der erfassten Kraft, insbesondere der Schwingungsamplitude, erkannt werden, da sich das Kraftsignal im Vergleich zu vorherigen, korrekt geklemmten Bohlen unterscheidet. Dadurch kann der Fahrer automatisch gewarnt und/oder der Rüttelvorgang abgebrochen werden, damit die abgerutschte Bohle korrekt gegriffen werden kann. Dies vermeidet Schäden und spart Zeit zum Benachrichtigen des Fahrers.

[0063] Eine weitere mögliche Anwendung ist ein Vergleich der im Nackenzylinder 22 und/oder einer beliebigen Verbindungsstelle wirkenden Kraft mit einem dynamisch berechneten Grenzwert für die Kraft. Der Kraftgrenzwert kann beispielsweise auf Grundlage eines aktuell zulässigen Grenzwerts für eine maximale Strukturbelastung einer Komponente der Arbeitsmaschine (z.B. Bohrantrieb 19 und/oder Bohrwerkzeug 16 und/oder Bohrgestänge 17) bestimmt werden. Dieser aktuell zulässige Strukturbelastungsgrenzwert kann wiederum aus der aktuellen Gerätekonfiguration und mindestens einem Zustandswert (z.B. einer erfassten Seilzugkraft und/oder einer erfassten Mäklstellung) berechnet werden. Dadurch ergäbe sich eine effektive und laufende Überwachung der Strukturbelastung einzelner Strukturelemente der Arbeitsmaschine, indem nicht jede belastete Komponente einzeln auf eine strukturelle Überbelastung überwacht wird, sondern stellvertretend hierfür aufgrund physikalischer Zusammenhänge eine passende Messgröße (nämlich eine wirkende Kraft, z.B. im Nackenzylinder 22) für die Überwachung der strukturellen Belastung einer oder mehrerer spezifischer Maschinenkomponenten herangezogen wird.

[0064] Das erfindungsgemäße Verfahren kann alternativ oder zusätzlich auf einer erfassten Kraft basieren, die auf eine beliebige Verbindungsstelle der Arbeitsmaschine wirkt.

[0065] Das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich auf beliebige Arbeitsmaschinen mit Mäklern anwenden und besitzt daher ein breites Anwendungsfeld.

Bezugszeichenliste:

[0066]

- 10 Arbeitsmaschine
- 11 Trägergerät

- 12 Unterwagen
- 13 Oberwagen
- 14 Mäklern
- 15 Galgen
- 5 16 Werkzeug
- 17 Bohrgestänge
- 18 Schlitten
- 19 Bohrantrieb
- 20 Verstellmechanismus
- 10 22 Nackenzylinder
- 30 Steuerung
- 32 Erfassungseinrichtung
- 40 Erfasste Kraft
- 42 Drehzahl
- 15 44 Aufschaukeln
- 46 Aufschaukeln

Patentansprüche

- 20 1. Verfahren zur Überwachung des Arbeitsbetriebs einer Arbeitsmaschine (10), welche eine Steuerung (30), eine Erfassungseinrichtung (32), ein Trägergerät (11) und einen daran befestigten Mäklern (14), an welchem ein Werkzeug (16), insbesondere ein Ramm- oder Bohrwerkzeug, gelagert ist, umfasst, wobei in einem Arbeitsbetrieb der Arbeitsmaschine (10) mittels der Erfassungseinrichtung mindestens eine auf eine Verbindungsstelle und/oder eine Kolben-Zylinder-Einheit aktuell wirkende Kraft erfasst und der Steuerung bereitgestellt wird,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuerung (30) eine Schwingungsamplitude der gemessenen Kraft ermittelt, die Schwingungsamplitude und/oder einen davon abgeleiteten Wert gegen wenigstens einen Grenzwert abgleicht und bei Erreichen eines Grenzwerts automatisch eine Maßnahme durchführt.
- 25 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei eine aktuell auf einen Nackenzylinder (22) zur Ausrichtung des Mäklers (14) und/oder auf einen Grundarmzylinder (24) einer Parallelkinematik wirkende Kraft erfasst und der Steuerung (30) für die Überwachung des Arbeitsbetriebs bereitgestellt wird.
- 30 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei eine aktuell auf eine Lagerstelle des Mäklers (14) am Trägergerät (11) und/oder an einem Verstellmechanismus (20) wirkende Kraft erfasst und der Steuerung (30) für die Überwachung des Arbeitsbetriebs bereitgestellt wird.
- 35 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Steuerung (30) eine Änderung der Schwingungsamplitude und/oder einer davon abgeleiteten Größe über die Zeit ermittelt und gegen wenigstens einen Grenzwert abgleicht.
- 40
- 45
- 50
- 55

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Maßnahme eine Ausgabe eines optischen und/oder akustischen Signals an einen Bediener und/oder einen automatischen Eingriff in einen aktuellen Arbeitsbetrieb der Arbeitsmaschine (10), insbesondere eine Verlangsamung, einen Stopp oder eine Umkehrung einer die Schwingungsamplitude beeinflussenden Maschinenbewegung, umfasst.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schwingungsamplitude eine peak-to-peak-Amplitude der erfassten Kraft ist, wobei vorzugsweise kein gemittelter Wert der erfassten Kraft berücksichtigt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Erfassungseinrichtung (32) zusätzlich eine oder mehrere der folgenden Größen erfasst und der Steuerung (30) zur Überwachung des Arbeitsbetriebs und Abgleich gegen wenigstens einen entsprechenden Grenzwert bereitstellt:
- eine aktuelle Position einer Kolben-Zylinder-Einheit der Arbeitsmaschine (10),
 - eine aktuelle Geschwindigkeit einer Komponente der Arbeitsmaschine (10),
 - eine aktuelle Beschleunigung einer Komponente der Arbeitsmaschine (10),
 - einen aktuellen Zylinderdruck einer Kolben-Zylinder-Einheit der Arbeitsmaschine (10),
 - eine aktuelle Position einer Komponente der Arbeitsmaschine (10), insbesondere eines Grundarms, des Mäklers (14) oder eines Galgens (15),
 - eine aktuelle Bohrtiefe.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine aktuelle Bohrtiefe erfasst und in Relation zur ermittelten Schwingungsamplitude gesetzt wird, wobei die Steuerung (30) daraus eine Bodenbeschaffenheit ermittelt und/oder ein Bodenmodell, insbesondere in Form eines Bodentiefeprofils, erstellt.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei aus der ermittelten Schwingungsamplitude auf einen aktuellen Zustand wenigstens einer Komponente der Arbeitsmaschine (10) geschlossen wird, wobei hierfür vorzugsweise die ermittelte Schwingungsamplitude oder ein zeitlicher Verlauf der Schwingungsamplitude mit einem früheren Messwert oder erfassten Verlauf verglichen wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der wenigstens eine Grenzwert für die Schwingungsamplitude und/oder für einen davon abgeleiteten Wert auf früheren Messdaten derselben Arbeitsmaschine (10) und/oder aus früheren Messdaten einer oder mehrerer weiterer Arbeitsmaschinen basiert.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Steuerung (30) eine Differenz oder ein Verhältnis der erfassten Schwingungsamplitude zu einem festgelegten Referenzwert und/oder zu einem früheren Messwert der Schwingungsamplitude ermittelt, die Differenz oder das Verhältnis gegen wenigstens einen Grenzwert abgleicht und bei Erreichen eines Grenzwerts automatisch eine Maßnahme durchführt.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Steuerung (30) aus der ermittelten Schwingungsamplitude und/oder einem davon abgeleiteten Wert sowie vorzugsweise aus früheren Messwerten eine Prognose für einen zukünftigen Zustand wenigstens einer Komponente der Arbeitsmaschine (10) berechnet.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Steuerung (30) für die Überwachung des Arbeitsbetriebs eine aktuelle Maschinenkonfiguration berücksichtigt.
14. Arbeitsmaschine (10), insbesondere Tiefbaugerät, mit einem Trägergerät (11), einem daran befestigten Mäklär (14), einer Erfassungseinrichtung und einer Steuerung (30), wobei die Steuerung (30) eingerichtet ist, das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche durchzuführen.
15. Computerprogrammprodukt umfassend Befehle, die bei einer Ausführung des Programms auf der Steuerung (30) der Arbeitsmaschine (10) nach dem vorhergehenden Anspruch bewirken, dass die Schritte des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1-13 ausgeführt werden.

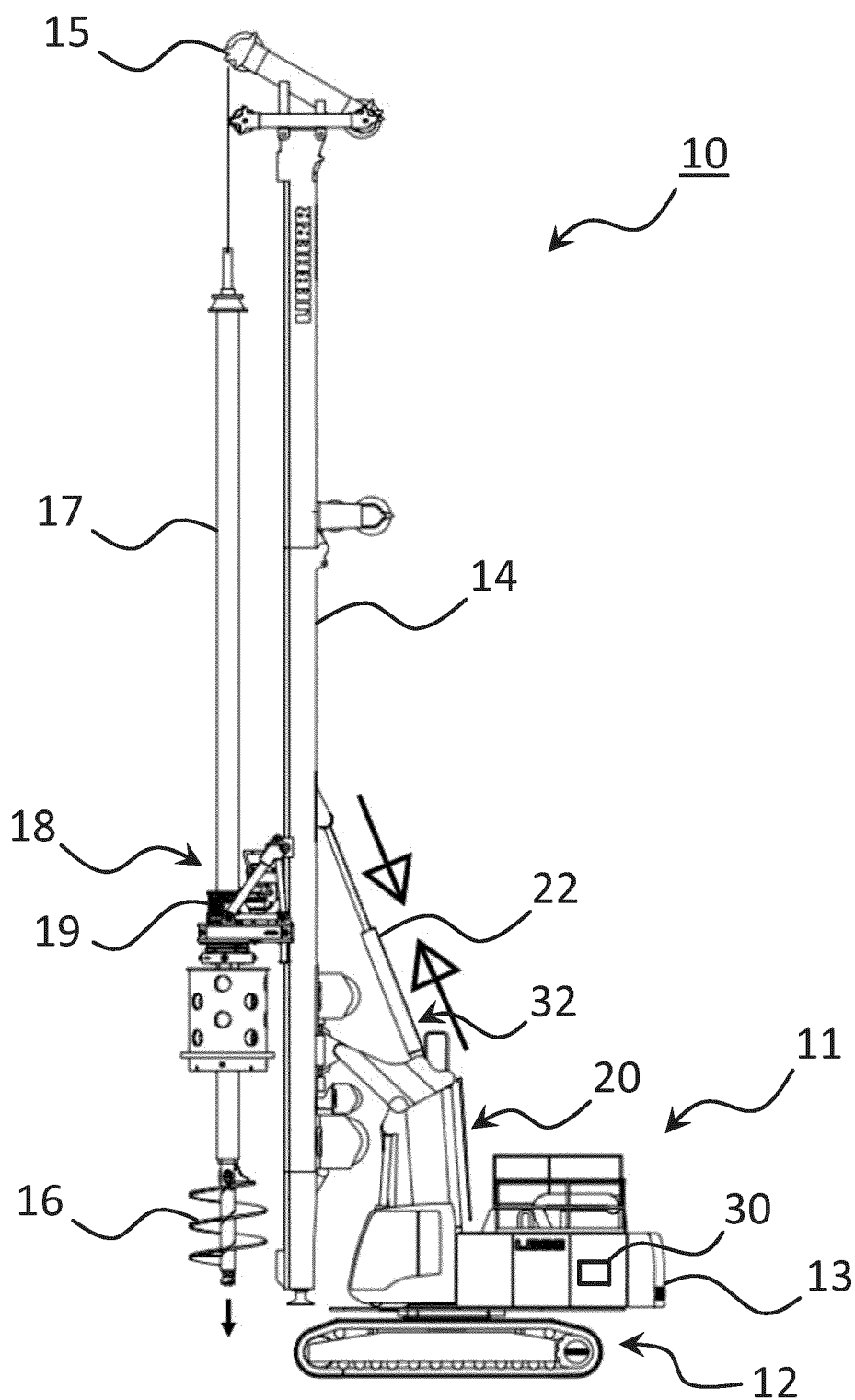


Fig. 1

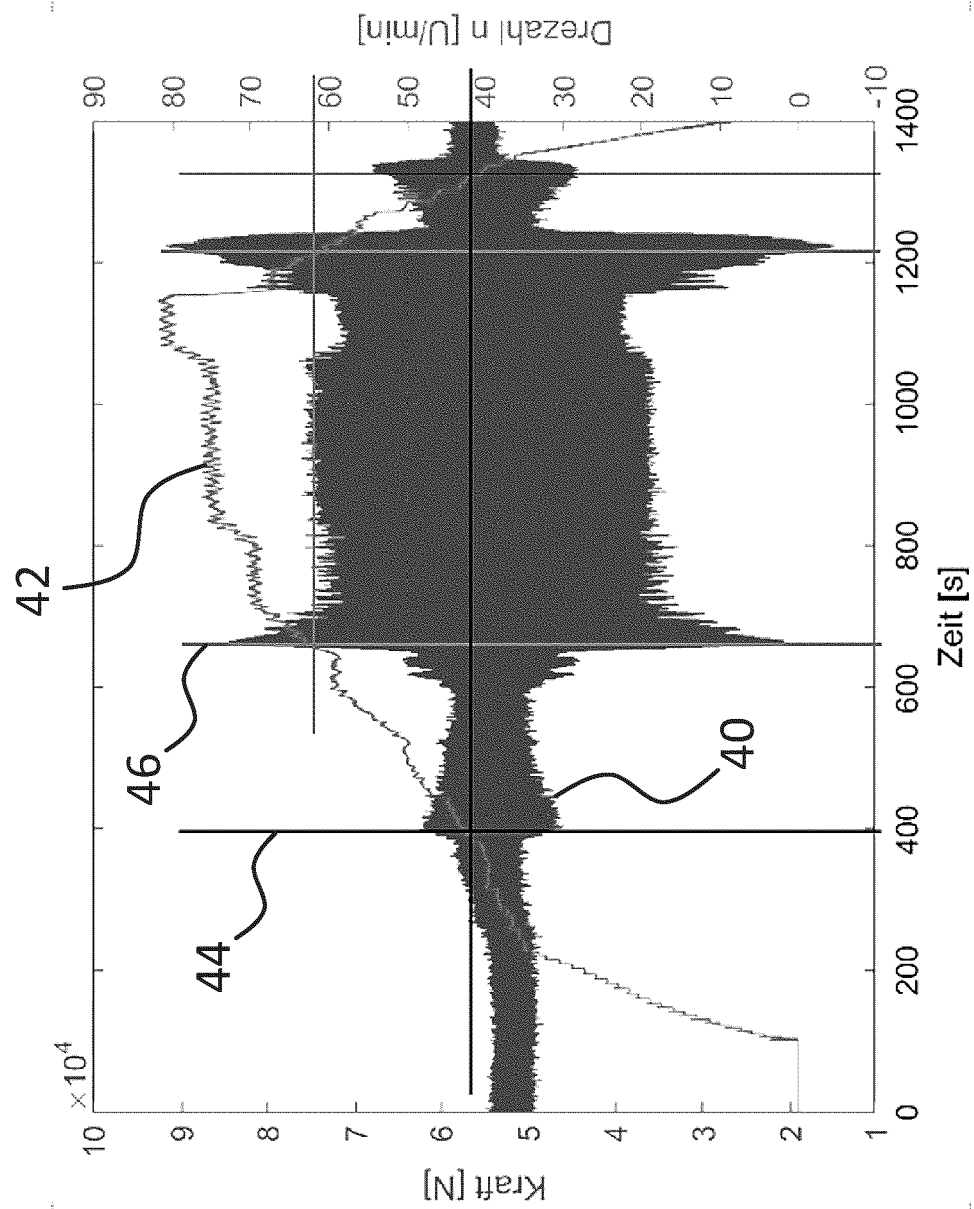


Fig. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 24 19 8379

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2017 002674 A1 (LIEBHERR WERK NENZING [AT]) 20. September 2018 (2018-09-20)	1,4-7,13	INV. E02D7/18
Y	* Absatz [0021] - Absatz [0040]; Abbildung 1 *	2,3, 8-12,15	
Y	DE 10 2015 008015 A1 (LIEBHERR-WERK NENZING GMBH [AT]) 22. Dezember 2016 (2016-12-22) * Absatz [0035] - Absatz [0042] *	8,9,15	
A	DE 100 29 984 A1 (GEHBAUER FRITZ [DE]; REUSCH DIRK [DE]) 21. Februar 2002 (2002-02-21) * das ganze Dokument *	1-15	
A	EP 2 085 149 A1 (ANLAGENTECH BAUMASCH IND [DE]) 5. August 2009 (2009-08-05) * das ganze Dokument *	1-15	
Y	DE 196 31 992 A1 (ABI MASCHINENFABRIK UND VERTRI [DE]) 19. Februar 1998 (1998-02-19) * Spalte 4, Zeile 32 - Zeile 45 * * Spalte 3, Zeile 13 - Zeile 29 *	2,3, 10-12	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) E02D E21B E02F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 9. Januar 2025	Prüfer Morrish, Susan
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.

EP 24 19 8379

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.

09 - 01 - 2025

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 102017002674 A1	20-09-2018	DE 102017002674 A1	20-09-2018
			EP 3385495 A1	10-10-2018
15	-----	-----	-----	-----
	DE 102015008015 A1	22-12-2016	DE 102015008015 A1	22-12-2016
			EP 3109365 A1	28-12-2016
			US 2016369471 A1	22-12-2016
	-----	-----	-----	-----
20	DE 10029984 A1	21-02-2002	KEINE	
	-----	-----	-----	-----
	EP 2085149 A1	05-08-2009	EP 2085149 A1	05-08-2009
			US 2009189467 A1	30-07-2009
	-----	-----	-----	-----
25	DE 19631992 A1	19-02-1998	KEINE	
	-----	-----	-----	-----
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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