



(10) DE 10 2014 001 515 A1 2015.08.13

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2014 001 515.7

(51) Int Cl.: G01M 13/00 (2006.01)

(22) Anmeldetag: 07.02.2014

G01M 7/02 (2006.01)

(43) Offenlegungstag: 13.08.2015

(71) Anmelder:

Schenck Process GmbH, 64293 Darmstadt, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE 10 2007 010 800	A1
DE 10 2008 019 578	A1
DE 20 2007 010 273	U1
DE 20 2009 012 552	U1
WO 01/ 50 098	A1

(74) Vertreter:

Ellspermann, Ina, 64293 Darmstadt, DE

(72) Erfinder:

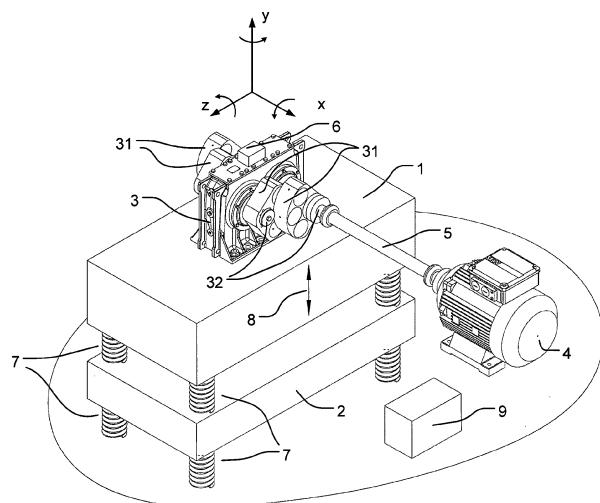
Schäfer, Jan, 64295 Darmstadt, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: Schwingmaschine

(57) Zusammenfassung: Bei einer Schwingmaschine mit einer Vorrichtung zur Zustandsüberwachung mit einem ersten Schwingkörper (1), der elastisch gegenüber einem zweiten Schwingungskörper (2) oder einem Untergrund gelagert ist, einem ersten Erreger (3), der ein gezieltes Schwingverhalten der Schwingmaschine oder des Schwingkörpers (1) bewirkt, ist vorgesehen, dass die Vorrichtung zur Zustandsüberwachung wenigstens eine erste mikro-elektro-mechanische Vorrichtung in Form eines Inertialsensors mit wenigstens drei Beschleunigungssensoren und wenigstens drei Drehrate-sensoren aufweist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Schwingmaschine gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Üblicherweise sind selbst-verursachte Schwingungen an industriellen Maschinen mit rotierenden Teilen unerwünscht. Daher sind auch in Normen und Vorschriften, beispielsweise in der DIN ISO 10816 Schwingungskennwerte definiert anhand derer sich das Schwingverhalten von Schwingmaschinen bewerten lässt. Anhand dieser Schwingungskennwerte kann dementsprechend auf die Lebensdauer geschlossen werden.

[0003] Im Gegensatz dazu unterliegen Schwingmaschinen wie Schwingsiebe, Vibrations-Fördervorrichtungen oder Vibrations-Zentrifugen einer fortwährenden Schwingbelastung. Sie weisen üblicherweise einen Erreger mit einer oder mehreren Unwuchtmassen oder einen Magneterreger auf, der die Schwingmaschine zu einer Schwingbewegung antreibt. Diese Schwingbewegung wird gezielt in Förderprozessen für Sieb- und Trennvorgänge oder auch für Zerkleinerungsprozesse mit anschließendem oder gleichzeitigem Materialtransport verwendet. Dementsprechend werden derartige Schwingmaschinen häufig oder vorwiegend bei der Verarbeitung und dem Transport von Schüttgütern unterschiedlicher Größe und Zusammensetzung verwendet. Sie unterliegen aufgrund der Dauerschwingbelastung einem hohen Verschleiß.

[0004] Neben den Bauteilen, die direkt mit dem Sieb- oder Trengut in Berührung kommen, werden vor allem die die Schwingungen erzeugenden und rotierenden Bauteile der Schwingmaschinen aufs Höchste belastet.

[0005] Um längere Stillstandszeiten aufgrund von Bauteildefekten zu vermeiden, ist es erstrebenswert, noch vor dem Totalausfall eines Bauteils auf dessen Lebensdauer schließen zu können. Aus dem Stand der Technik ist es daher bekannt, Schwingmaschinen jeder Art mit Vorrichtungen zur Überwachung des Betriebszustandes auszustatten, mit denen das Schwingverhalten ermittelt, dokumentiert und ausgewertet werden kann.

[0006] Aus der EP 1285175 A1 sind beispielsweise ein Verfahren zur Überwachung eines Brechers und ein Brecher bekannt, bei welchem die Lager von unterschiedlichen Sensoren, einem mechanischen und einem piezoelektrischen Sensor, überwacht werden.

[0007] Neben der Ermittlung von Temperaturanstiegen bei Schmierflüssigkeiten oder Schmieröl von Lagedeilen und der Ermittlung ansteigender Lagerlasten hat sich herausgestellt, dass ein von dem nor-

malen Schwingungsverlauf abweichendes Schwingverhalten auf den nahenden Ausfall eines Bauteils schließen lässt. Bei Schwingmaschinen stellt sich vor diesem Hintergrund die Aufgabe, Abweichungen im Schwingverhalten zu ermitteln, um Rückschlüsse auf den Betriebszustand zu ziehen.

[0008] Diese Aufgabe wird durch eine Schwingmaschine mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche und in der Beschreibung enthalten.

[0009] Mit der Erfindung wird eine Schwingmaschine mit einer Vorrichtung zur Zustandsüberwachung bereitgestellt, die einen ersten Schwingkörper umfasst, der elastisch oder federnd gegenüber einem zweiten Schwingkörper oder einem Untergrund gelagert ist. Der erste Schwingkörper kann ein Schwinggehäuse oder ein Schwingrahmen sein, der weitere Komponenten oder Bauteile wie Siebfläche oder Aussteifungen beinhaltet. Dieser erste Schwingkörper ist üblicherweise mittels Stahlfedern elastisch gegenüber dem zweiten Schwingkörper oder dem Untergrund gelagert. Wahlweise kommen jedoch auch Elastomerlager oder sonstige elastische Lager in Betracht. Der zweite Schwingkörper, der als Schwingungstilger dient, kann dabei ein Isolationsrahmen sein, der wiederum selbst elastisch gegenüber dem Untergrund gelagert ist. Weiterhin umfasst die Schwingmaschine wenigstens einen ersten Erreger, der ein gezieltes Schwingverhalten der Schwingmaschine oder des Schwingkörpers bewirkt. Üblicherweise weist die Schwingmaschine auch einen Motor zum Antrieb des Erregers und eine Antriebsgelenkrolle zur Verbindung des Motors mit dem Erreger auf. Bei den Erregern kann es sich um Richterreger, die die Schwingmaschine in eine Schwingbewegung mit einer gezielten translatorischen Richtung versetzen oder um Kreiserreger handeln, die die Schwingmaschine zu einer kreisförmigen Schwingbewegung antreiben.

[0010] Erfindungsgemäß umfasst die Schwingmaschine außerdem eine Vorrichtung zur Zustandsüberwachung.

[0011] Die Vorrichtung zur Zustandsüberwachung kann wiederum eine Vorrichtung zur Überwachung des Schwingverhaltens und/oder eine Vorrichtung zur Körperschallmessung und/oder eine Vorrichtung zur Temperaturmessung umfassen.

[0012] Die Vorrichtung zur Überwachung des Schwingverhaltens als Teil der Vorrichtung zur Zustandsüberwachung weist wenigstens eine erste mikro-elektro-mechanische Vorrichtung in Form eines Inertialsensors auf, wobei dieser mit wenigstens drei Beschleunigungssensoren und wenigstens drei Drehratensensoren ausgestattet ist. Entsprechend der zu überwachenden Schwingmaschine, die über

drei translatorische und drei rotatorische Achsen und somit sechs Freiheitsgrade verfügt, ermöglicht der Inertialsensor die Erfassung aller Beschleunigungen oder Bewegungen um diese Achsen. Dementsprechend ermöglicht der Inertialsensor die Erfassung der vollständigen Bewegungen der Schwingmaschine.

[0013] Während die Beschleunigungssensoren, die im Inertialsensor jeweils orthogonal zueinander angeordnet sind, die linearen Beschleunigungen in x- bzw. y- bzw. z-Achse messen, woraus durch zweifache Integration der zurückgelegte Weg der Schwingmaschine errechnet werden kann, messen die Drehratensensoren die Winkelgeschwindigkeit um die x- bzw. y- bzw. z-Achse, so dass durch einfache Integration die Winkeländerung bestimmt werden kann. Bei einem Inertialsensor mit drei Beschleunigungssensoren und drei Drehratensensoren spricht man auch von einem sogenannten 6D-MEMS-Sensor. Zur Bestimmung der absoluten Lage des Sensors im Raum können zusätzlich Magnetometer verwendet werden, wobei die Anordnung von drei Magnetometern zur Erfassung von wiederum drei zueinander orthogonal angeordneten Achsen vorteilhaft ist. Bei einer Kombination von drei Beschleunigungssensoren, drei Drehratensensoren und drei Magnetometern wird dementsprechend von einem 9D-MEMS-Sensor gesprochen. Der Inertialsensor kann weiterhin um einen Drucksensor und/oder einen Temperatursensor erweitert sein.

[0014] Vorteilhafterweise ist ein erster Inertialsensor zur Zustandsüberwachung einer Schwingmaschine dabei direkt an dem Erreger befestigt. Hierbei kann er an, in oder auf dem Gehäuse des Erregers vorgesessen sein. Mit der Vorrichtung zur Überwachung des Schwingverhaltens können auf diese Art Schäden an den Federn bzw. der Lager sowie Schäden an den Antriebs- und Zwischengelenkwellen detektiert werden. Weiterhin sind Risse oder Brüche an Seitenwangen, Traversen und Längsreitern feststellbar. Letztlich lassen sich ebenfalls fehlerhafte Beladungen in Form von zu hoher oder asymmetrischer Beladung oder fehlerhafte Siebbelagskomponenten feststellen.

[0015] Schäden an den Lagern und Zahnrädern, beispielsweise Ausplatzungen an den Lager-Laufflächen, emittieren Körperschall in Form von Stoßimpulsen. Diese Signale lassen sich durch eine Vorrichtung zur Körperschallmessung in Form eines oder mehrerer piezoelektrischer Beschleunigungssensoren messen. Die piezoelektrischen Beschleunigungssensoren können an anderer Stelle als die Inertialsensoren an der Schwingmaschine vorgesessen sein. Die Messdaten von piezoelektrischen Beschleunigungssensoren lassen sich beispielsweise in die Zustandsgrößen Effektivwert, Crest-Faktor und/oder Kurtosis umrechnen. Weitere Zustandsgrößen sind möglich.

[0016] Vorteilhafterweise kann der Inertialsensor zur Überwachung des Schwingverhaltens der Schwingmaschine um einen Datenspeicher und/oder Prozessor erweitert sein. Dementsprechend sind der oder die Inertialsensoren und/oder der Datenspeicher und/oder der Prozessor auf einer Platine angeordnet. Als Vorrichtung zur Messdatenakquisition dient eine Baugruppe, die mindestens einen Inertialsensor und einen Prozessor umfasst. Die Vorrichtung zur Messdatenakquisition kann zusätzlich eine Vorrichtung zur Körperschallmessung, eine Vorrichtung zur Temperaturmessung, einen Speicher und/oder ein Modul zur Übertragung digitaler Daten beinhalten. Mit dieser können die erforderlichen Messdaten erfasst und an eine Auswertevorrichtung weitergeleitet werden.

[0017] Häufig weisen Schwingmaschinen, vorzugsweise Schwing siebe wenigstens einen zweiten Erreger auf. Gerade bei Schwing sieben mit großen Massen erzeugt dieser zweite Erreger zusammen mit dem ersten Erreger die erforderliche Schwingbewegung des Schwingkörpers. Um eine gleichwirkende Bewegung zu erzeugen, ist es erforderlich diese Erreger miteinander zu koppeln. Dies geschieht üblicherweise durch eine Verbindung über eine Zwischengelenkwelle. Da auch eine derartige Zwischengelenkwelle einem hohen Verschleiß aufgrund der Schwingungsbeanspruchung unterliegt, sieht die Erfindung vor, dass zur Überwachung der Zwischengelenkwelle ein zweiter Inertialsensor vorgesehen ist. Der zweite Inertialsensor wird vorteilhafterweise ebenfalls direkt auf dem zweiten Erreger befestigt. Die Phasendifferenz der Stoßbeschleunigungen zwischen erstem und zweitem Erreger, gewonnen aus den jeweiligen Messachsen der beiden Inertialsensoren, kann als Kenngröße für den Zustand der Zwischengelenkwelle verwendet werden.

[0018] Mit Hilfe des ersten und/oder des zweiten Inertialsensors wird erfindungsgemäß eine Auswertung des Schwingverhaltens der Schwingmaschine z.B. über die Zustandsgrößen Beschleunigungsamplitude, Drehratenamplitude, Vektoränderung des Stoßzeigers, Phasenverschiebung und/oder THD- oder Klirrfaktor möglich sein. Weitere Analysealgorithmen sind möglich. Hierzu umfasst die Vorrichtung zur Zustandsüberwachung eine elektronische Auswertevorrichtung. Die elektronische Auswertevorrichtung ist zum Empfang der Messdaten der Vorrichtung zur Messdatenakquisition und zur Auswertung der Messdaten bezüglich der vorgenannten Zustandsgrößen vorgesehen. Mit Hilfe der elektronischen Auswertevorrichtung kann dann eine Vergleichsbetrachtung von berechneten Zustandsgrößen und definierten Grenzwerten erfolgen. Je nach Aufgabenstellung kann dabei eine Auswertung in der Art erfolgen, dass die Zustandsgrößen mit einem definierten Grenzwert, der als Absolutwert in der Auswertevorrichtung hinterlegt wurde, verglichen werden oder dass als defi-

nierter Grenzwert ein Initialwert mit einem Toleranzband vorgesehen ist.

[0019] Vorteilhafterweise umfasst die elektronische Auswertevorrichtung eine Anzeige zur Darstellung der Zustandsgrößen und/oder eine Warnanzeige oder einen Warnsignalgeber bei Überschreitung definierter Grenzwerte. Damit kann dem Benutzer signalisiert werden, ob sich die Schwingmaschine in den vorgegebenen Grenzwerten bewegt oder ob diese überschritten werden. Um Fehlalarme in Folge von flüchtigen/transienten Signalen zu vermeiden, können Zustandsüberwachungsalgorithmen dahingehend erweitert werden, dass Alarmzustände erst bei mehrmaligem bzw. längerem Auftreten ausgelöst werden.

[0020] Eine Ausführungsform der Schwingmaschine mit einer Vorrichtung zur Zustandsüberwachung sieht vor, dass die Vorrichtung zwei getrennt voneinander angeordnete Module umfasst. In diesem Fall kann die Vorrichtung zur Messdatenakquisition als erstes Modul direkt an der Schwingmaschine oder dem Erreger befestigt werden und die Auswertevorrichtung als zweites Modul räumlich getrennt vom ersten Modul oder auch räumlich getrennt von der Schwingmaschine angeordnet sein. Bei getrennter Anordnung von Vorrichtung zur Messdatenakquisition und der Auswertevorrichtung stellt die Kabelverbindung wiederum ein Bauteil dar, das aufgrund der Dauerschwingbelastung durch die Siebmaschine einem erhöhten Verschleiß unterliegt. Zur Vermeidung sieht die Erfindung dementsprechend eine kabellose Verbindung zwischen der Auswertevorrichtung und der Vorrichtung zur Messdatenakquisition vor.

[0021] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Gleichwirkende Elemente sind dabei in der Figur mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet. Im Einzelnen zeigt dabei

[0022] **Fig. 1** eine Schwingmaschine in schematischer räumlicher Darstellung.

[0023] **Fig. 1** zeigt eine Schwingmaschine mit einem ersten Schwingkörper **1** und einem zweiten Schwingkörper **2**, die jeweils federnd gelagert sind. Dabei ist der Schwingkörper **1**, der beispielsweise ein Rahmen eines Schwingsiebs inklusive Siebfläche sein kann, über Federn **7** gegenüber dem Schwingkörper **2** gelagert. Der Schwingkörper **2**, der beispielsweise ein Isolationsrahmen sein kann, ist ebenfalls federnd gegenüber dem festen Untergrund oder Boden gelagert. Der Schwingkörper **2** kann in einem solchen Fall als Schwingungstilger oder Schwingungsdämpfer bezeichnet werden. Die Aufgabe eines solchen Schwingungstilgers oder Schwingungsdämpfers besteht darin, Schwingungen, die zu Schäden am Untergrund oder an dem mit dem Untergrund ver-

bundenen Gebäude führen können, zu eliminieren. Beide Schwingkörper **1** und **2** werden im vorliegenden Ausführungsbeispiel vom einem Erreger **3** in eine lineare Schwingbewegung versetzt, wobei diese Schwingbewegung in einer durch den Doppelpfeil **8** gekennzeichnete vorgegebene Richtung erfolgt, der Stoßrichtung des Erregers. Der Erreger **3**, ein sogenannter Richterreger, ist dabei mittig auf dem ersten Schwingkörper **1** befestigt und besitzt Unwuchtmassen **31**, deren Schwerpunkte exzentrisch zur Drehachse **32** angeordnet sind.

[0024] Der Erreger **3** wird wiederum von einem Motor **4** angetrieben, der über eine Antriebswelle **5** mit dem Erreger **3** verbunden ist.

[0025] Auch wenn die durch den Erreger **3** verursachte Schwingbewegung der Schwingmaschine nur in einer Richtung aufgegeben wird, führt die Schwingmaschine aufgrund ihrer sechs Freiheitsgrade lineare Bewegungen in drei voneinander unabhängigen Richtungen x, y und z und rotatorische Bewegungen um die Achsen x, y, und z aus. Zur vollständigen Bewegungserfassung des Schwingkörpers **1** im Raum ist auf dem Gehäusedeckel des Erregers **3** eine Vorrichtung zur Messdatenakquisition **6** als Teil einer Vorrichtung zur Zustandsüberwachung der Schwingmaschine befestigt. Diese Vorrichtung zur Messdatenakquisition **6** beinhaltet mindestens einen Inertialsensor und einen Prozessor. Bei dem Inertialsensor handelt es sich um einen 6D-MEMS-Sensor, der drei Beschleunigungssensoren und drei DrehratenSENSOREN umfasst. Alternativ könnte ein Inertialsensor in Form eines 9D-MEMS-Sensor zum Einsatz kommen, der neben den drei Beschleunigungs- und Drehraten-sensoren noch 3 Magnetometer umfasst.

[0026] Die von der Vorrichtung zur Messdatenakquisition **6** mittels Inertialsensor aufgenommenen Messdaten werden bei der vorliegenden Ausführungsform kabellos an eine Auswertevorrichtung **9** gesendet, wo die übermittelten Daten zur Zustandsüberwachung der Schwingmaschine in Form von Zustandsgrößen wie Beschleunigungsamplitude, Drehratenamplitude, Vektoränderung des Stoßzeigers, Phasenverschiebung und/oder THD- oder Klirrfaktor weiterverarbeitet werden.

[0027] Die Auswertevorrichtung **9** umfasst neben einem Datenspeicher eine Recheneinheit zur Verarbeitung der durch den Inertialsensor erfassten Messdaten sowie eine Anzeigeeinheit in Form eines Bildschirms. Zur Zustandsüberwachung kann die Anzeigeeinheit sowohl als Warnsignalgeber als auch als zur Darstellung des IST-Zustandes der Schwingmaschine genutzt werden. Weiterhin umfasst die Auswertevorrichtung **9** serielle Kommunikationsschnittstellen sowie Schaltausgänge, die im Alarmzustand geschaltet werden.

[0028] Die Auswertung des IST-Zustands in Form aktueller Zustandsgrößen im Vergleich mit vorgegebenen Grenzwerten erlaubt dem Nutzer eine Prognose über die Lebenserwartung der überwachten Bauteile, Komponenten oder Schwingmaschine insgesamt.

Bezugszeichenliste

1	Schwingkörper
2	Schwingkörper
3	Erreger
31	Unwuchtmasse
32	Drehachse
4	Motor
5	Antriebswelle
6	Vorrichtung zur Messdatenakquisition
7	Feder
8	Stoßrichtung des Erregers
9	Auswertevorrichtung
x, y, z	Bewegungs- und Rotationsachsen

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 1285175 A1 [0006]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- DIN ISO 10816 [0002]

Patentansprüche

1. Schwingmaschine mit einer Vorrichtung zur Zustandsüberwachung im Wesentlichen umfassend – einen ersten Schwingkörper (1), der elastisch gegenüber einem zweiten Schwingungskörper (2) oder einem Untergrund gelagert ist, – einen ersten Erreger (3), der ein gezieltes Schwingverhalten der Schwingmaschine oder des Schwingkörpers (1) bewirkt, **dadurch gekennzeichnet**, dass – die Vorrichtung zur Zustandsüberwachung wenigstens eine erste mikro-elektro-mechanische Vorrichtung in Form eines Inertialsensors mit wenigstens drei Beschleunigungssensoren und wenigstens drei Drehratensensoren aufweist.

2. Schwingmaschine gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Inertialsensor um einen Datenspeicher und/oder Prozessor erweitert ist.

3. Schwingmaschine gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens ein zweiter Erreger vorgesehen ist, der über eine Zwischengelenkwelle mit dem ersten Erreger (3) verbunden ist.

4. Schwingmaschine gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Inertialsensor an, in oder auf einem Gehäuse wenigstens eines Erregers (3) vorgesehen ist.

5. Schwingmaschine gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung zur Zustandsüberwachung zur Auswertung des Schwingverhaltens der Schwingmaschine bezüglich der Zustandsgrößen Beschleunigungsamplitude, Drehratenamplitude, Vektoränderung des Stoßzeigers, Phasenverschiebung und/oder THD- oder Klirrfaktor im Einzelnen oder in Kombination miteinander vorgesehen ist.

6. Schwingmaschine gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine elektronische Auswertevorrichtung (9) zum Empfang der Messdaten des Inertialsensors oder der Inertialsensoren und zur Auswertung der Messdaten bezüglich der Zustandsgrößen Beschleunigungsamplitude, Drehratenamplitude, Vektoränderung des Stoßzeigers, Phasenverschiebung und/oder THD- oder Klirrfaktor im Einzelnen oder in Kombination miteinander vorgesehen ist.

7. Schwingmaschine gemäß dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektronische Auswertevorrichtung (9) zur Vergleichsbe trachtung von ermittelten Zustandsgrößen und definierten Grenzwerten vorgesehen ist.

8. Schwingmaschine gemäß dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass als definierter Grenzwert ein Absolutwert vorgesehen ist.

9. Schwingmaschine gemäß Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass als definierter Grenzwert ein Initialwert mit Toleranzband vorgesehen ist.

10. Schwingmaschine gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektronische Auswertevorrichtung (9) eine Anzeige zur Darstellung der Zustandsgrößen und/oder eine Warnanzeige oder einen Warnsignalgeber bei Überschreitung definierter Grenzwerte umfasst.

11. Schwingmaschine gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektronische Auswertevorrichtung (9) der Vorrichtung zur Zustandsüberwachung der Schwingmaschine und eine Vorrichtung zur Messdatenakquisition (6) räumlich voneinander getrennt vorgesehen sind.

12. Schwingmaschine gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verbindung zwischen elektronischer Auswertevorrichtung (9) und Vorrichtung zur Messdatenakquisition (6) kabellos vorgesehen ist.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

