

(19)



(11)

EP 4 538 461 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
16.04.2025 Patentblatt 2025/16

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
E01C 19/48 (2006.01) **E01C 19/40** (2006.01)
E04G 21/08 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **24194654.0**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
E01C 19/4833; E01C 19/407; E04G 21/08

(22) Anmeldetag: **14.08.2024**

(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

(71) Anmelder: **Wirtgen GmbH**
53578 Windhagen (DE)

(72) Erfinder: **Dahm, Martin**
57610 Altenkirchen (DE)

(74) Vertreter: **Oppermann, Frank**
OANDO Oppermann & Oppermann
Wilhelminenstrasse 1a
65193 Wiesbaden (DE)

(30) Priorität: **29.08.2023 DE 102023123252**

(54) **ÜBERWACHUNGSVORRICHTUNG FÜR EINEN GLEITSCHALUNGSFERTIGER ZUR ÜBERWACHUNG DER VERDICHUNG VON BETON UND VERFAHREN ZUR ÜBERWACHUNG DER VERDICHUNG VON BETON WÄHREND DES BETRIEBS EINES GLEITSCHALUNGSFERTIGERS**

(57) Die Erfindung betrifft eine Überwachungs-
vorrichtung 8 für einen Gleitschalungsfertiger zur Überwa-
chung der Verdichtung von in eine Gleitschalung eines
Gleitschalungsfertigers eingebrachten Betons mit min-
destens einer Betonverdichtungs-
vorrichtung 7, die einen
Hydraulikmotor 19 zum Antrieb einer Vibrationen erzeu-
genden Unwucht aufweist. Darüber hinaus betrifft die
Erfindung ein Verfahren zur Überwachung der Verdich-
tung von in eine Gleitschalung eines Gleitschalungsfertigers
eingebrachten Betons mit mindestens einer Beton-
verdichtungs-
vorrichtung, die einen Hydraulikmotor zum
Antrieb einer Vibrationen erzeugenden Unwucht auf-
weist. Die erfindungsgemäße Überwachungs-
vorrichtung 8 und das erfindungsgemäße Verfahren zeichnen
sich dadurch aus, dass mit mindestens einem im Hyd-
raulikflüssigkeitssystem 11 angeordneten Drucksensor
25.1, 25.2, 25.3, 25.4, welcher ein mit dem Druck in der
Hydraulikflüssigkeit korrelierendes Drucksignal erzeugt,
der Druck im Hydraulikflüssigkeitssystem 11 gemessen
wird und auf der Grundlage einer Analyse des Druck-
signals auf die Verdichtung des in die Gleitschalung
eingebrachten Betons geschlossen wird.

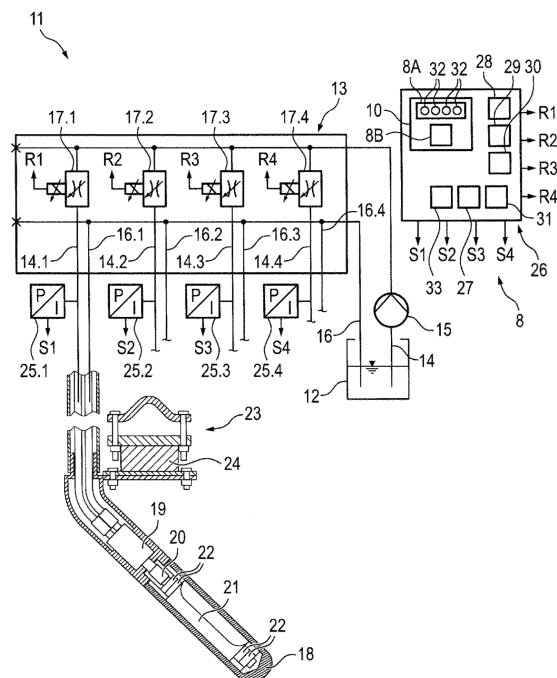


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Überwachungsvorrichtung für einen Gleitschalungsfertiger zur Überwachung der Verdichtung von mit mindestens einer Betonverdichtungs-
 5 ein-
 brachten Betons, wobei die Betonverdichtungs-
 vorrichtung einen Hydraulikmotor zum Antrieb einer Vibrationen erzeugenden Unwucht aufweist. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Überwachung der Verdichtung von in eine Gleitschalung eines Gleitschalungsfertigers eingebrachten Betons mit mindestens einer Betonverdichtungs-
 vorrichtung, die einen Hydraulikmotor zum Antrieb einer Vibrationen erzeugenden Unwucht aufweist.

[0002] Die bekannten Gleitschalungsfertiger verfügen über eine Gleitschalung, die auch als Betonmulde bezeichnet
 10 wird. Ein Gleitschalungsfertiger ist beispielsweise in der EP 1 103 659 B1 beschrieben. Mit der Gleitschalung können Baukörper unterschiedlicher Ausbildung, beispielsweise Schutzwände, Bordsteine oder ganze Fahrbahnen aus Beton hergestellt werden. Der Beton wird kontinuierlich in die Gleitschalung eingebracht, die sich mit gleichbleibender Geschwindigkeit über den Untergrund bewegt. In der Gleitschalung muss sich stets eine gewisse Menge an Beton befinden, so dass durch das Eigengewicht auf den Beton ein ausreichender Druck ausgeübt wird. In und/oder vor der Gleitschalung muss der Beton verdichtet werden. Zur Verdichtung des Betons finden Betonverdichtungs-
 15 vorrichtungen Verwendung, die an oder in der Gleitschalung vorgesehen sind. Diese Betonverdichtungs-
 vorrichtungen werden auch als Außen- oder Innenrüttler bezeichnet. Die Gleitschalungsfertiger verfügen vielfach über mehrere flaschen- oder stabförmige Innenrüttler, die in und/oder vor die Gleitschalung gehangen werden und im Betrieb in den Beton eintauchen.

[0003] Beim Betrieb eines Gleitschalungsfertigers stellt sich das Problem, dass technische Defekte der Betonrüttler dazu führen können, dass der Beton in der Gleitschalung nicht ausreichend verdichtet wird. Insbesondere beim Betrieb von Innenrüttlern, die vollständig in den Beton eintauchen, können technische Defekte der einzelnen Rüttler von dem Bedienpersonal des Gleitschalungsfertigers nur schwer erkannt werden. Da ein nachträgliches Verdichten nicht möglich ist, können Bauteile gefertigt werden, bei denen der Beton stellenweise nicht den Anforderungen entspricht. Diese Betonbauteile müssen aufgrund ihrer mangelnden Festigkeit abgerissen und neu gefertigt werden, was mit einem
 25 enormen Kostenaufwand verbunden ist.

[0004] Es sind elektrische Betonrüttler bekannt, die einen Asynchronmotor aufweisen, der eine exzentrische Schwungmasse (Unwucht) antreibt, die den Betonrüttler in Vibrationen versetzt. Die Verdichtungsleistung des Rüttlers ist von der Frequenz der Vibrationen abhängig, die wiederum von der Drehzahl des Asynchronmotors bestimmt wird.

[0005] Die DE 10 2019 125 590 A1 beschreibt eine Überwachungs-
 30 vorrichtung zur Überwachung der Verdichtung von Beton, die für einen Gleitschalungsfertiger bestimmt ist, dessen mindestens eine Betonverdichtungs-
 vorrichtung über einen Asynchronmotor zum Antrieb der Vibrationen erzeugenden exzentrischen Schwungmasse (Unwucht) verfügt. Das Funktionsprinzip der bekannten Überwachungs-
 vorrichtung beruht auf der Erkenntnis, dass beim Betrieb einer Betonverdichtungseinrichtung, bei der die exzentrische Schwungmasse (Unwucht) mit einem Asynchronmotor angetrieben wird, sich die Rotorwelle aufgrund der Unwucht während des Betriebs des Asynchronmotors elastisch verformen kann.
 35 Wenn sich die Rotorwelle durchbiegt, verändert sich die Breite des Luftspaltes zwischen Stator und Rotor, was im Amplitudenspektrum des Statorstroms nachgewiesen werden kann. Die Überwachung der Verdichtung des Betons beruht bei der bekannten Überwachungs-
 vorrichtung auf der Auswertung des Statorstroms des Asynchronmotors, um auf eine Veränderung der Verdichtung des in die Gleitschalung des Gleitschalungsfertigers eingebrachten Betons schließen zu können.

[0006] Neben den elektrischen Betonrüttlern sind auch hydraulische Betonrüttler bekannt, die einen Hydraulikmotor zum Antrieb der exzentrischen Schwungmasse (Unwucht) aufweisen. Für derartige Betonrüttler ist die aus der DE 10 2019 125 590 A1 bekannte Überwachungs-
 40 vorrichtung aufgrund der unterschiedlichen Funktionsprinzipien der Antriebe der exzentrischen Schwungmasse weder bestimmt noch geeignet.

[0007] Die obere und untere Betriebsgrenze eines hydraulischen Betonrüttlers kann im Allgemeinen, beispielsweise
 45 zwischen 8000 und 12000 1/min, eingestellt werden. Bei der Verwendung von hydraulischen Rüttlern stellt sich in der Praxis das Problem, dass der Rüttler mit einer vorgegebenen Drehzahl, beispielsweise mit einer Drehzahl von 10.500 1/min, betrieben werden soll, um die gewünschte Verdichtung des Betons zu erreichen. Allerdings erreicht die tatsächliche Drehzahl des Hydraulikmotors aufgrund von volumetrischen Verlusten (Lecköl) niemals die aus Nennvolumenstrom und Nenndruck sich ergebende Nenndrehzahl, und die erreichbare Drehzahl eines hydraulischen Rüttlers nimmt mit zunehmenden Verschleißzustand infolge dieser Verluste (Lecköl) ab. Vor der Betonage sind der Verschleißzustand und somit die erreichbare Drehzahl aber in der Praxis nicht bekannt. Daher kann nicht gewährleistet werden, dass die für die Verdichtung erforderliche Drehzahl erreicht wird.

[0008] Die US 6 055 486 A beschreibt einen hydraulisch angetriebenen Innenrüttler mit einer Drehzahlregelung. Zur Erkennung des Betriebszustandes des hydraulischen Rüttlers wird eine Vorrichtung vorgeschlagen, mit der die Vibrationen des Rüttlers erfasst werden. Zur Erfassung der Vibrationen werden Beschleunigungssensoren vorgeschlagen, die in dem Rüttler vorzusehen sind. Nachteilig ist aber, dass die Beschleunigungssensoren den rauen Umgebungsbedingungen ausgesetzt sind. Derartige Sensoren, die in hydraulischen Betonrüttlern angebracht werden, sind nicht nur den Vibrationen, sondern auch extrem hohen Temperaturen von über 100°C ausgesetzt. Darüber hinaus ist die Anordnung

eines Sensors innerhalb des Rüttlers aufgrund des begrenzten Bauraums grundsätzlich sehr schwierig. Weiterhin müssen Versorgungsleitungen für die Spannungsversorgung der Sensoren und Signalleitungen für die erfassten Signale über große Strecken zu und von den in dem Beton eingetauchten Rüttlern geführt werden, was einen beträchtlichen Aufwand bedeutet und das ganze System sehr störungsanfällig macht.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Überwachungsvorrichtung für einen Gleitschalungsfertiger mit mindestens einer Betonverdichtungs- vorrichtung, die einen Hydraulikmotor zum Antrieb einer Vibrationen erzeugenden Unwucht aufweist, zu schaffen, welche während des Betriebs des Gleitschalungsfertigers unter den rauen Umgebungsbedingungen eine zuverlässige Überwachung der Verdichtung des in die Gleitschalung eingebrachten Betons ermöglicht. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist, ein Verfahren anzugeben, das eine zuverlässige Überwachung der Verdichtung des in die Gleitschalung eingebrachten Betons mit einer Betonverdichtungs- vorrichtung, die einen Hydraulikmotor zum Antrieb einer Vibrationen erzeugenden Unwucht aufweist, erlaubt. Eine Aufgabe der Erfindung ist auch einen Gleitschalungsfertiger mit einer derartigen Überwachungs- vorrichtung bereitzustellen. Der Erfindung liegt auch die Aufgabe zugrunde, die Verwendung konventioneller hydraulischer Betonrüttler zu ermöglichen, die nicht mit Sensoren zur Überwachung des Betriebszustandes ausgerüstet sind bzw. damit ausgerüstet werden müssen.

[0010] Die Lösung dieser Aufgaben erfolgt erfindungsgemäß mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche. Die abhängigen Ansprüche betreffen vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung.

[0011] Die erfindungsgemäße Überwachungs- vorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren beruhen auf der folgenden aufgrund von Versuchen gewonnenen Erkenntnis. Eine hydraulisch angetriebene Betonverdichtungs- vorrichtung erzeugt aufgrund der Unwucht eine Schwingung mit der Drehfrequenz des Hydraulikmotors. Diese Schwingung überträgt sich auf die Hydraulikflüssigkeit (Hydrauliköl) zum Antrieb des Hydraulikmotors, welches den Hydraulikmotor und die Anschlussleitungen des Betonrüttlers durchfließt. Aus der Geschwindigkeitsänderung, die durch die Schwingung hervorgerufen wird, resultiert eine Änderung in der lokalen Beschleunigung, welche in instationären Strömungen das Auftreten zusätzlicher Massekräfte verursacht, die zu einer entsprechenden Druckänderung führen. Diese Druckschwankungen in der Hydraulikflüssigkeit und daraus resultierend auch Dichteänderungen breiten sich mit Schallgeschwindigkeit als Longitudinalwellen im Fluid aus und können mit einer geeigneten Sensorik erfasst werden.

[0012] Die erfindungsgemäße Überwachungs- vorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren zeichnen sich dadurch aus, dass mit mindestens einem im Hydraulikflüssigkeitssystem angeordneten Drucksensor, welcher ein mit dem Druck in der Hydraulikflüssigkeit korrelierendes Drucksignal erzeugt, der Druck in der Hydraulikflüssigkeit an zumindest einer Stelle des Hydraulikflüssigkeitssystems gemessen wird und auf der Grundlage einer Analyse des Drucksignals auf die Verdichtung des in die Gleitschalung des Gleitschalungsfertigers eingebrachten Betons mit der mindestens einen Betonverdichtungs- vorrichtung geschlossen wird. Folglich kann festgestellt werden, ob die Verdichtung des Betons mit der mindestens einen Betonverdichtungs- vorrichtung ausreichend ist. Darüber hinaus kann festgestellt werden, ob die Betonverdichtungs- vorrichtung mit ausreichender Leistung (Unwucht) betrieben wird. Des Weiteren kann festgestellt werden, ob der Hydraulikmotor der Betonverdichtungs- vorrichtung mit ausreichender Drehzahl betrieben wird. Dies wäre dann nicht der Fall, wenn die Drehzahl des Hydraulikmotors nicht innerhalb vorgegebener Grenzwerte läge oder einer vorgegebenen Drehzahl entspräche.

[0013] Die erfindungsgemäße Überwachungs- vorrichtung verfügt über eine Auswerteeinrichtung zur Auswertung (Analyse) des Drucksignals des mindestens einen Drucksensors, welche derart konfiguriert ist, dass auf der Grundlage einer Analyse des Drucksignals auf die Verdichtung des Betons geschlossen wird. Die Auswerteeinrichtung ist vorzugsweise derart konfiguriert, dass zur Analyse bzw. Auswertung des Drucksignals das Amplitudenspektrum des Drucksignals ermittelt wird.

[0014] Die erfindungsgemäße Überwachungs- vorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren haben den entscheidenden Vorteil, dass die Überwachung der Verdichtung des Betons nicht mit Bauteilen, insbesondere empfindlichen Sensoren, im Umfeld der Betonverdichtungs- vorrichtung erfolgt, welche den rauen Umgebungsbedingungen während des Betriebs des Gleitschalungsfertigers ausgesetzt wären. Daher besteht nicht die Gefahr, dass derartige Bauteile ausfallen könnten, wodurch die Überwachung nicht zuverlässig wäre. Geeignete Sensoren zur Erfassung der Druckschwankungen können in einer unkritischen Umgebung außerhalb der Betonverdichtungs- vorrichtung vorgesehen werden. Weiterhin können auch längere Versorgungsleitungen entfallen, was einen beträchtlichen Aufwand bedeuten und das ganze System sehr störungsanfällig machen würde.

[0015] Die Auswerteeinrichtung ist vorzugsweise eine digitale Signalverarbeitungseinrichtung, die derart konfiguriert ist, dass das Drucksignal abgetastet wird, wobei das Amplitudenspektrum des Drucksignals vorzugsweise durch eine zeitdiskrete Fouriertransformation (DFT), insbesondere eine zeitdiskrete schnelle Fouriertransformation (FFT), ermittelt wird. Die hierzu erforderlichen Signalverarbeitungsverfahren gehören zum Stand der Technik.

[0016] Eine Ausführungsform sieht vor, dass die Auswerteeinrichtung derart konfiguriert ist, dass aus dem Amplitudenspektrum des Drucksignals zumindest ein spektraler Anteil, welche auf die Unwucht zurückzuführen ist, vorzugsweise fortlaufend ermittelt wird und die Frequenz des mindestens einen spektralen Anteils bestimmt wird und mit mindestens einem vorgegebenen Grenzwert verglichen wird, wobei bei einer Überschreitung und/oder Unterschreitung des vorgegebenen Grenzwertes ein Steuersignal erzeugt wird, das für die Verdichtung des in die Gleitschalung des Gleitschalungs-

fertigers eingebrachten Betons charakteristisch ist oder eine Veränderung der Verdichtung des in die Gleitschalung des Gleitschalungsfertigers eingebrachten Betons signalisiert. Der Grenzwert kann empirisch ermittelt werden und in einem Speicher der Überwachungsvorrichtung gespeichert werden. Bei einer Unterschreitung des Grenzwertes kann darauf geschlossen, dass die Verdichtung des Betons nicht ordnungsgemäß ist, da die Drehzahl des Hydraulikmotors zu niedrig ist, weshalb die Vibrationen nicht ausreichend sind. Aus der Frequenz des mindestens einen spektralen Anteils im Amplitudenspektrum kann auch auf den Verschleißzustand der Betonverdichtungsvorrichtung geschlossen werden. Es ist grundsätzlich ausreichend, wenn aus dem entsprechenden Peak im Amplitudenspektrum eine charakteristische Kenngröße ermittelt wird, die mit einer für einen bestimmten Betriebszustand der Betonverdichtungseinrichtung charakteristischen Referenzgröße verglichen wird.

[0017] In diesem Zusammenhang wird unter einer vorzugsweisen fortlaufenden Ermittlung zumindest eines auf die Unwucht zurückzuführenden spektralen Anteils, eine Ermittlung des spektralen Anteils zu mindestens zwei aufeinanderfolgenden Zeitpunkten verstanden, um die Betonverdichtungsvorrichtung über zumindest einen Teil der Betriebsdauer überwachen zu können oder einen Vergleich zwischen einem vorhergehenden Zeitpunkt und einem nachfolgenden Zeitpunkt vornehmen zu können, so dass eine Veränderung des Zustandes erkannt werden kann. Grundsätzlich ist aber auch nur eine einzige Messung möglich.

[0018] Die Auswerteeinrichtung kann derart konfiguriert sein, dass zur Analyse des Drucksignals des Hydraulikmotors ein Schwellenwert für die Amplituden der Harmonischen vorgegeben wird. Folglich werden kleine Amplituden, die im Bereich des Rauschens liegen und keine zuverlässigen Informationen liefern können, ausgeblendet.

[0019] Bei einer Ausführungsform weist die Überwachungsvorrichtung eine das Steuersignal empfangende Ausgabereinheit auf, die derart ausgebildet ist, dass mit einem akustischen und/oder optischen und/oder einem taktilen Signal eine nicht ordnungsgemäße Verdichtung des Betons beim Betrieb des Gleitschalungsfertigers angezeigt wird, wenn die Ausgabereinheit das Steuersignal empfängt, weil die ermittelte Frequenz unterhalb eines vorgegebenen Grenzwertes liegt. Die Überwachungsvorrichtung kann auch derart ausgebildet sein, dass mit einem akustischen und/oder optischen und/oder einem taktilen Signal eine ordnungsgemäße Verdichtung des Betons beim Betrieb des Gleitschalungsfertigers angezeigt wird, wenn die Ausgabereinheit das Steuersignal nicht empfängt, weil die ermittelte Frequenz oberhalb eines vorgegebenen Grenzwertes liegt. Sind an dem Gleitschalungsfertiger mehrere Betonverdichtungsvorrichtungen vorhanden, kann die Überwachungsvorrichtung diese vorzugsweise einzeln überwachen. Zeigt die Überwachungsvorrichtung eine nicht ordnungsgemäße Verdichtung mit einem Signal an, so kann auch eine Anzeige erfolgen, mit welcher der Betonverdichtungsvorrichtungen keine ordnungsgemäße Verdichtung erfolgt.

[0020] Der erfindungsgemäße Gleitschalungsfertiger verfügt über mindestens eine hydraulische Betonverdichtungsvorrichtung, die einen Hydraulikmotor zum Antrieb einer Vibrationen erzeugenden Unwucht aufweist, welcher mit einer Hydraulikflüssigkeit betrieben wird, die in einem Hydraulikflüssigkeitssystem bereitgestellt wird, und eine derartige Überwachungsvorrichtung.

[0021] Eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Gleitschalungsfertigers sieht vor, dass das Hydraulikflüssigkeitssystem eine zu dem Hydraulikmotor der mindestens einen Betonverdichtungseinrichtung führende Druckleitung und eine von dem Hydraulikmotor abgehende Rückleitung umfasst, und der mindestens eine Drucksensor in oder an der Druckleitung und/oder der Rückleitung angeordnet ist.

[0022] Eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Gleitschalungsfertigers sieht vor, dass die Auswerteeinrichtung der Überwachungsvorrichtung derart konfiguriert ist, dass die Drehzahl des Hydraulikmotors der mindestens einen Betonverdichtungsvorrichtung auf der Grundlage einer Analyse des von dem mindestens einen Drucksensor erzeugten Drucksignals geregelt wird.

[0023] Die Auswerteeinrichtung der Überwachungsvorrichtung kann derart konfiguriert sein, dass ein im Hydraulikflüssigkeitssystem vorgesehenes Stromregelventil zur Einstellung des Volumenstroms der in den Hydraulikmotor der mindestens einen Betonverdichtungsvorrichtung strömenden Hydraulikflüssigkeit in Abhängigkeit von dem mit dem Druck in der Hydraulikflüssigkeit korrelierenden Drucksignal derart angesteuert wird, dass die Betonverdichtungsvorrichtung mit einer vorgegebenen Drehzahl betrieben wird. Dies ist dann der Fall, wenn das Stromregelventil derart angesteuert wird, dass das mit dem Druck in der Hydraulikflüssigkeit korrelierende Drucksignal, das mit dem Drucksensor gemessen wird, einem vorgegebenen Wert entspricht oder innerhalb vorgegebener Grenzwerte liegt.

[0024] Das Steuersignal kann auch der zentralen Steuereinheit des Gleitschalungsfertigers zugeführt werden, um einen Eingriff in die Maschinensteuerung vorzunehmen. Der Eingriff in die Maschinensteuerung kann darin liegen, dass der Gleitschalungsfertiger angehalten wird. Die erfindungsgemäße Überwachungsvorrichtung kann eine separate Baugruppe bilden, mit der ein konventioneller Gleitschalungsfertiger nachgerüstet werden kann. Die Überwachungsvorrichtung kann aber auch Bestandteil des Gleitschalungsfertigers sein, wobei die Einrichtung zur Überwachung des Drucksignals Bestandteil der zentralen Steuereinheit des Gleitschalungsfertigers sein kann.

[0025] Im Folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert.

[0026] Es zeigen:

Fig. 1 einen Gleitschalungsfertiger mit einer Überwachungsvorrichtung zur Überwachung der Verdichtung von Beton in der Seitenansicht,

Fig. 2 eine Überwachungsvorrichtung zur Überwachung der Verdichtung von Beton zusammen mit einem Hydraulikflüssigkeitssystem zur Bereitstellung von Hydraulikflüssigkeit zum Antrieb von mehreren Betonverdichtungs-
vorrichtungen in schematischer Darstellung,

Fig. 3 das Frequenzspektrum des Drucksignals einer Betonverdichtungs-
vorrichtung dargestellt über den zeitlichen Verlauf,

Fig. 4 das Amplitudenspektrum des Drucksignals einer Betonverdichtungs-
vorrichtung,

Fig. 5 ein weiteres bei Versuchen ermitteltes Frequenzspektrum des Drucksignals einer Betonverdichtungs-
vorrichtung dargestellt über den zeitlichen Verlauf und

Fig. 6 ein weiteres bei Versuchen ermitteltes Amplitudenspektrum.

[0027] Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Gleitschalungsfertiger in der Seitenansicht ohne Fördereinrichtung, der in der EP 1 103 659 B1 im Einzelnen beschrieben ist. Da Gleitschalungsfertiger als solche zum Stand der Technik gehören, werden hier nur die für die Erfindung wesentlichen Komponenten der Baumaschine beschrieben.

[0028] Der Gleitschalungsfertiger 1 weist einen Maschinenrahmen 2 auf, der von einem Fahrwerk 3 getragen wird. Das Fahrwerk 3 weist zwei vordere und zwei hintere, lenkbare Laufwerke 4A, 4B auf, die an vorderen und hinteren Hubsäulen 5A, 5B befestigt sind. Die Arbeitsrichtung (Fahrtrichtung) des Gleitschalungsfertigers ist mit einem Pfeil A gekennzeichnet.

[0029] Die Laufwerke 4A, 4B und die Hubsäulen 5A, 5B sind Teil einer Antriebseinrichtung des Gleitschalungsfertigers zum Ausführen von translatorischen und/oder rotatorischen Bewegungen im Gelände. Zu der Antriebseinrichtung gehören auch nicht dargestellte vorzugsweise hydraulischen Antriebe für die Laufwerke 4A, 4B sowie ein nicht dargestellter Verbrennungsmotor. Mit den Laufwerken 4A, 4B kann die Baumaschine vor- und zurückbewegt werden. Durch Anheben und Absenken der Laufwerke 4A, 4B über die Hubsäulen 5A, 5B kann der Maschinenrahmen 2 gegenüber dem Boden in der Höhe und Neigung verstellt werden.

[0030] Der Gleitschalungsfertiger verfügt über eine Gleitschalung 6 zum Formen von Beton, die zusammen mit dem Maschinenrahmen 2 angehoben oder abgesenkt werden kann. Zur Verdichtung des Betons sind in der Gleitschalung mehrere Betonverdichtungseinrichtungen vorgesehen, die während des Betriebs des Gleitschalungsfertiger in den Beton eintauchen. In Fig. 1 ist eine der Betonverdichtungs-
vorrichtungen 7 in gestrichelten Linien schematisch dargestellt.

[0031] Bei der Betonverdichtungs-
vorrichtung 7 handelt es sich um eine hydraulische Betonverdichtungs-
vorrichtung, beispielsweise einen konventionellen hydraulischen Innenrüttler. An dem Gleitschalungsfertiger können mehrere Beton-
verdichtungs-
vorrichtungen, beispielsweise 9 Betonverdichtungs-
vorrichtungen, vorgesehen sein, wobei die Beton-
verdichtungs-
vorrichtungen parallel geschaltet sind.

[0032] Der erfindungsgemäße Gleitschalungsfertiger verfügt über eine in Fig. 1 nur schematisch dargestellte Überwachungs-
vorrichtung 8 zur Überwachung der Verdichtung des Betons. Die Überwachungs-
vorrichtung 8 weist eine Eingabeeinheit 8A und eine Ausgabeeinheit 8B auf, die an einem Bedienpult oder Bedienfeld 9 vorgesehen sind, welches sich am Fahrerstand 10 im Sichtfeld des Bedienpersonals befindet.

[0033] Fig. 2 zeigt in schematischer Darstellung ein Ausführungsbeispiel einer Überwachungs-
vorrichtung 8 zur Überwachung der Verdichtung des Betons zusammen mit einem Hydraulikflüssigkeitssystem 11 zur Bereitstellung von Hydraulikflüssigkeit zum Antrieb von mehreren parallel geschalteten Betonverdichtungs-
vorrichtungen 7, bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel vier Betonverdichtungs-
vorrichtungen, von denen aber in Fig. 2 nur eine Beton-
verdichtungs-
vorrichtung 7 dargestellt ist. Das Hydraulikflüssigkeitssystem 11 umfasst eine Hydraulikflüssigkeitsquelle 12, beispielsweise einen Tank, eine von der Hydraulikflüssigkeitsquelle 12 zu einem Ventilblock 13 führende zentrale Druckleitung 14, in der zum Fördern der Hydraulikflüssigkeit eine Hydraulikpumpe 15 vorgesehen ist, und eine von dem Ventilblock 13 zu dem Tank 12 führende zentrale Rückleitung 16. In dem Ventilblock 13 befinden sich den einzelnen Betonverdichtungs-
vorrichtungen 7 zugeordnete hydraulische Stromregelventile 17.1, 17.2, 17.3, 17.4 zur lastunabhängigen Steuerung des Volumenstroms der zu der jeweiligen Betonverdichtungs-
vorrichtung 7 strömenden Hydraulik-
flüssigkeit (Hydrauliköl). Die Einlässe der Stromregelventile 17 sind mit der zentralen Druckleitung 14 verbunden, wobei an die Auslässe der Stromregelventile 17 die einzelnen Druckleitungen 14.1, 14.2, 14.3, 14.4 der Betonverdichtungs-
vorrichtungen 7 angeschlossen sind. Die Rückleitungen 16.1, 16.2, 16.3, 16.4 der Betonverdichtungs-
vorrichtungen 7 sind mit der zentralen Rückleitung 16 verbunden.

[0034] Die hydraulisch betriebenen Betonverdichtungs-
vorrichtungen 7 weisen jeweils ein flaschen- oder stabförmiges Gehäuse 18 auf, in dem ein Hydraulikmotor 19 angeordnet ist. Der Hydraulikmotor 19 treibt über eine Kupplung 20 eine

Unwuchtelle 21 an, die zwischen Lagern 22 angeordnet ist. Wenn sich die Unwuchtelle 21 dreht, werden durch ihre Unwucht Vibrationen erzeugt, die sich auf den Beton übertragen, so dass der Beton verdichtet wird. Die Betonverdichtungsvorrichtung 7 ist an einer Halterung 23 befestigt, die ein Dämpfungselement 24 aufweist, so dass der Betonrüttler vibrieren kann.

[0035] Für eine optimale Verdichtung des Betons wird eine bestimmte Drehzahl der Unwuchtelle 21 angestrebt. Eine zu niedrige Drehzahl führt zu einer zu geringen Unwucht, so dass die Verdichtung des Betons nicht ausreichend ist. Folglich sollte die Drehzahl des Hydraulikmotors zumindest zwischen einer vorgegebenen oberen oder unteren Drehzahl liegen bzw. eine vorgegebene Drehzahl haben, weshalb der Hydraulikmotor mit einem vorgegebenen Volumenstrom betrieben werden soll. Der Hydraulikmotor 19 erreicht beispielsweise bei einem Volumenstrom von 16 Liter/min und einem Versorgungsdruck von 90 bar eine Drehzahl von 10.500 U/min.

[0036] Die erfindungsgemäße Überwachungsvorrichtung 8 erlaubt die Überwachung der Drehzahl des Hydraulikmotors 19 einer oder mehrerer Betonverdichtungsvorrichtungen 7. Darüber hinaus erlaubt die erfindungsgemäße Überwachungsvorrichtung 8 auch eine Regelung der Drehzahl des Hydraulikmotors 19 einer Betonverdichtungsvorrichtung 7.

[0037] Nachfolgend wird der Aufbau und die Funktionsweise der Überwachungsvorrichtung 8 im Einzelnen beschrieben.

[0038] Die Überwachungsvorrichtung 8 verfügt über den einzelnen Betonverdichtungsvorrichtungen 7 zugeordnete Drucksensoren 25.1, 25.2, 25.3, 25.4 zur Messung des Drucks im Hydraulikflüssigkeitssystem 11, die jeweils an einer Stelle des Hydraulikflüssigkeitssystems angeordnet sind, in dem sich besonders starke, auf die Unwucht des Hydraulikmotors 19 zurückführende Druckschwankungen in der Hydraulikflüssigkeit messen lassen. Da sich ein Drucksensor einfach an oder in der Druckleitung vorsehen lässt, lassen sich die bekannten Gleitschalungsfertiger leicht mit der Überwachungsvorrichtung nachrüsten. Der Drucksensor 25.1, 25.2, 25.3, 25.4 kann beispielsweise ein Druckaufnehmer mit Dehnungsmessstreifen oder ein kapazitiver oder piezoelektrischer Druckaufnehmer sein. Der Drucksensor wandelt die mechanische Größe Druck $P(t)$ in ein proportionales elektrisches Stromsignal $I(t)$ von beispielsweise 4 bis 20 mA um. Dieses Drucksignal kann über einen Widerstand R als Spannung U abgegriffen werden.

[0039] Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die den einzelnen Betonverdichtungsvorrichtungen 7 zugeordneten Drucksensoren 25.1, 25.2, 25.3, 25.4, in bzw. an der Druckleitung 14.1, 14.2, 14.3, 14.4 der jeweiligen Betonverdichtungsvorrichtung 7 stromab des Ventilblocks 13 angeordnet. Die Drucksensoren können aber auch an den Rückleitungen 16.1, 16.2, 16.3, 16.4 der Betonverdichtungsvorrichtungen 7 vorgesehen sein.

[0040] Darüber hinaus verfügt die Überwachungsvorrichtung 8 über eine Auswerteeinrichtung 26 zur Analyse des Drucksignals $P(t)$ jedes Drucksensors 25.1, 25.2, 25.3, 25.4, welche über Signalleitungen S_1 , S_2 , S_3 , S_4 mit den Drucksensoren verbunden ist, um die Messsignale der Drucksensoren zu empfangen, und über eine Eingabeeinheit 8A und eine Ausgabeeinheit 8B, damit der menschliche Bediener Anweisungen eingeben kann und Informationen ausgegeben werden können. Die Eingabeeinheit 8A kann beispielsweise eine Tastatur, ein Joystick oder eine andere Benutzerschnittstelle umfassen und die Ausgabeeinheit 8B kann einen Bildschirm und/oder Signallampen umfassen. Eingabe- und Ausgabeeinheit 8A, 8B können auch ein berührungsempfindlicher Bildschirm (Touchscreen) sein, der in einem Bedienfeld 10 vorgesehen ist.

[0041] Die Auswerteeinrichtung 26 zur Analyse des Drucksignals $P(t)$ umfasst mindestens einen Tiefpassfilter 33 (Antialiasing-Filter) und einen Analog/Digital-Wandler 27 (engl. ADC (Analog-to-Digital Converter)), der die analogen Messsignale empfängt. Der Analog/Digital-Wandler 27 wandelt das analoge Messsignal in ein digitales Signal um. Da das den Tiefpassfilter passierende Messsignal mit dem Analog-Digital-Wandler 27 abgetastet wird, können Aliasing-Effekte entstehen, die mittels des Tiefpassfilters 33 unterbunden werden können, dessen Filtercharakteristik an die auftretenden Störungen und das Nutzsignal anzupassen ist. Die minimale Abtastfrequenz ist durch das Nyquist-Shannon-Abtasttheorem

$$f_{\text{abast}} > 2 f_{\text{max}}$$

(Gleichung 1)

bestimmt. Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist die Abtastfrequenz 10 kHz. Weiterhin umfasst die Auswerteeinrichtung 26 mindestens einen Hochpassfilter 31, beispielsweise mit einer Grenzfrequenz von 10 Hz, um die Messsignale der Drucksensoren 25.1, 25.2, 25.3, 25.4 zu filtern, so dass das Rauschen im niederfrequenten Bereich unterdrückt wird. Die Messsignale der Drucksensoren 25.1, 25.2, 25.3, 25.4 können auf diese Weise durch die Auswerteeinrichtung 26 gleichzeitig oder nacheinander gefiltert und gewandelt werden.

[0042] Die Auswerteeinrichtung 26 zur Analyse des Drucksignals umfasst weiterhin einen Prozessor 28 und ein computerlesbares Medium 29 und eine Datenbank 30 oder kann damit zusammenarbeiten.

[0043] Es versteht sich, dass die Auswerteeinrichtung 26 eine einzige Steuervorrichtung (Kontroller) mit allen beschriebenen Funktionen sein kann oder mehrere Kontroller umfassen kann, wobei die beschriebene Funktionalität auf die Kontroller verteilt ist. Unterschiedliche Operationen, Schritte oder Algorithmen, wie sie in diesem Zusammenhang beschrieben sind, können direkt in Hardware, in einem Computerprogrammprodukt, beispielsweise in einem von dem

Prozessor ausgeführten Softwaremodul, oder in einer Kombination aus beiden verkörpert sein. Das Computerprogrammprodukt kann sich in einem RAM-Speicher, Flash-Speicher, ROM-Speicher, EPROM-Speicher, EEPROM-Speicher, Registern, einer Festplatte, einem Wechseldatenträger oder jeder anderen Form eines computerlesbaren Mediums befinden, welches in der Technik bekannt ist. Ein beispielhaftes computerlesbares Medium kann mit dem Prozessor derart verbunden sein, dass der Prozessor aus dem Speicher/Speichermedium Informationen lesen kann und in das Speicher-/Speichermedium Informationen schreiben kann. Alternativ kann das Medium in den Prozessor integriert sein. Der Prozessor und das Medium können sich in einem anwendungsspezifischen integrierten Schaltkreis (ASIC) befinden. Der ASIC kann sich in einem Benutzerendgerät befinden. Alternativ können sich der Prozessor und das Medium in einem Benutzerendgerät als diskrete Komponenten befinden. Der Begriff "Prozessor", wie er hier verwendet wird, kann sich zumindest auf Allzweck- oder Spezialzweck-Verarbeitungsgeräte und/oder -logik beziehen, wie von den Fachleuten verstanden wird, einschließlich, aber nicht beschränkt auf, einen Mikroprozessor, einen Mikrokontroller, einen Zustandsautomat oder dergleichen. Ein Prozessor kann auch als eine Kombination von Computergeräten implementiert werden, z. B. als Kombination aus einem DSP und einem Mikroprozessor, einer Mehrzahl von Mikroprozessoren, einem oder mehreren Mikroprozessoren in Verbindung mit einem DSP-Kern oder einer anderen derartigen Konfiguration.

[0044] Die Auswerteeinrichtung 26 zur Analyse des Drucksignals ist derart konfiguriert, dass die nachfolgend beschriebenen Verfahrensschritte ausgeführt werden.

[0045] Die Auswerteeinrichtung 26 transformiert das digitale Drucksignal $P(t)$ jedes Drucksensors 25.1, 25.2, 25.3, 25.4 zunächst von dem Zeitbereich in den Frequenzbereich, um das Frequenzspektrum analysieren zu können. Für die Überwachung des Drucksignals ist das Amplitudenspektrum von besonderem Interesse.

[0046] Die Transformation von dem Zeitbereich in den Frequenzbereich erfolgt mittels einer zeitdiskreten, schnellen Fouriertransformation (FFT/DFT). Die hierzu erforderlichen Algorithmen sind dem Fachmann bekannt. Hierzu kann eine entsprechende Software implementiert werden.

[0047] Fig. 3 zeigt die Amplitudenspektren des Drucksignals über die Messzeit, die bei Versuchen während des Betriebs eines konventionellen Innenrüttlers ermittelt wurden. Auf der Abszisse ist die Frequenz in kHz und auf der Ordinate ist die Messzeit in s aufgetragen. Der Druck in mbar ist durch unterschiedliche Gradationen dargestellt. Während der Messung wurde die Drehzahl des Hydraulikmotors 19 des Innenrüttlers über eine dafür vorgesehene Verstelleinrichtung erhöht und wieder verringert. In dem Messergebnis ist dieser Verlauf als Kurve zu erkennen, die in Fig. 3 mit I markiert ist. Auch die ersten Harmonischen der einzelnen Grundfrequenzen sind zu sehen (mit II markiert). In der Geraden, die mit III markiert ist, lässt sich die Kolbenfrequenz f_k der Hydraulikpumpe wiederfinden. Die mit IV markierte Gerade enthält die erste Harmonische der Kolbenfrequenz f_k der Hydraulikpumpe, die nach Gleichung 2 wie folgt berechnet werden kann:

$$fk = Nk \cdot n \quad \text{(Gleichung 2)}$$

[0048] Bei der hier vorliegenden Kolbenanzahl N_k von 9 und einer Pumpendrehzahl n von 2039 U/min (umgerechnet ca. 33,98 U/s) ergibt sich eine Kolbenfrequenz f_k der Hydraulikpumpe von 305,85 Hz. Dieses Ergebnis deckt sich mit der Position der Geraden III.

[0049] In Fig. 4 ist ein einzelnes Amplitudenspektrum zu sehen, das aus den Druckmesswerten ab ca. 6 s nach Messstart berechnet wurde. Die Frequenz von 307,6 Hz des mit III markierten Peaks entspricht erneut der Kolbenfrequenz f_k der Hydraulikpumpe 15 und die Frequenz des mit IV markierten Peaks der ersten Harmonischen der Kolbenfrequenz f_k der Hydraulikpumpe 15.

[0050] Die Auswerteeinrichtung 26 der Überwachungsvorrichtung 8 ist derart konfiguriert, dass aus dem Amplitudenspektrum der auf die Unwucht zurückzuführende Peak I herausgefiltert wird und die Frequenz dieses Peaks ermittelt wird, die der Drehzahl des Hydraulikmotors 19 der Betonverdichtungsvorrichtung 7 entspricht. In dem Amplitudenspektrum von Fig. 4 beträgt diese Frequenz 102,5 Hz. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der der Drehzahl des Betonrüttlers entsprechende Peak nicht immer der Peak mit der höchsten Amplitude ist. So kann beispielsweise der Peak der Kolbenfrequenz f_k der Hydraulikpumpe 15 eine größere Amplitude als der der Drehzahl des Betonrüttlers entsprechende Peak haben. Auf der Hardware der Auswerteeinrichtung 26 läuft ein Datenverarbeitungsprogramm, das einen Algorithmus enthält, der mit Hilfe entsprechender Filtertechniken den Peak, dessen Frequenz der Drehzahl des Rüttlers entspricht, aus den einzelnen Amplitudenspektren herausfiltert.

[0051] Bei der zeitdiskreten, schnellen Fouriertransformation (FFT/DFT) wird eine endliche Anzahl an Messwerten benötigt. Da das Messsignal dauerhaft erfasst wird, wird aus dem Messsignal ein Zeitfenster herausgeschnitten. Ist die Fensterbreite kein Vielfaches von der Periodendauer des Signals, entsteht zwischen dem ersten und dem letzten Abtastwert eine Sprungstelle, da sich das Signal periodisch fortsetzt. Durch den Sprung entstehen im Frequenzspektrum weitere Frequenzen, die im Signal nicht vorhanden sind. Dieser Effekt wird als Leakage-Effekt bezeichnet (Meyer, Martin: Analoge und digitale Signale, Systeme und Filter, 8. Aufl., Wiesbaden: Springer Vieweg 20179). Um diesen Effekt zu vermeiden, wird das Signal bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel mit einer Fensterfunktion gewichtet. Durch den

Leakage-Effekt sind die im Signal vorkommenden Frequenzen keine scharfen Stromspitzen im Amplitudenspektrum, sondern es entsteht bei der Frequenz eine Hauptkeule, die von mehreren Nebenkeulen umgeben ist. Bei einer Schwingung mit einer hohen Amplitude kann die Nebenkeulenantwort höher als die der Hauptkeule einer benachbarten Schwingung sein und so diese im Rauschen verschwinden lassen. Durch Variation der Fensterfunktion kann die Form der Hauptkeule und die der Nebenkeulen verändert werden, so dass eine möglichst große Anzahl von relevanten Frequenzen sicher detektiert werden können.

[0052] Bei der Analyse des Drucksignals können verschiedene Fensterfunktionen, die das Frequenzspektrum unterschiedlich beeinflussen, verwendet werden. Aus diesem Grund sollte eine Fensterfunktion ausgewählt werden, deren Eigenschaften an das gewünschte Spektrum angepasst ist. Für die vorliegenden Messergebnisse aus Fig. 3 und Fig. 4 wurde das Hamming-Fenster mit einer Fensterbreite von 2^{11} Messpunkten angewendet. Es können aber auch andere Fensterfunktionen und -breiten verwendet werden. Es ist darauf zu achten, dass die Auflösung Δf im Frequenzbereich in Abhängigkeit von der Abtastfrequenz f_{abast} und der Fensterbreite N nach Gleichung 3 beeinflusst wird. Mit einer vorliegenden Abtastfrequenz von 10 kHz und Fensterbreite von 2^{11} ergibt sich somit eine Frequenzauflösung von ca. 4,88 Hz.

$$\Delta f = f_{\text{abast}} / N$$

(Gleichung 3)

[0053] In weiteren Versuchen wurden zwei Hydraulikleitungen an einem Betonrüttler fest fixiert, welche mit einer Handpumpe auf einen Druck von 15 bar vorgespannt wurden. Anschließend wurde die Drehzahl des Rüttlers langsam erhöht. In Figur 5 ist das Frequenzspektrum über den zeitlichen Verlauf dargestellt, wobei der Anstieg der Rüttlerdrehzahl und auch weitere harmonische Schwingungen zu erkennen sind. In Figur 6 ist die Amplitude der Druckänderung über der Frequenz dargestellt. Es ist ersichtlich, dass mit steigender Frequenz auch die Amplitude ansteigt. Dies ist damit zu begründen, dass sich mit steigender Drehzahl auch die Beschleunigung erhöht.

[0054] An einem Gleitschalungsfertiger können eine Überwachungsvorrichtung 8 mit mehreren Drucksensoren 25.1, 25.2, 25.3, 25.4 zur Überwachung mehrerer hydraulischen Betonverdichtungseinrichtungen 7 vorgesehen sein, um die Drehzahl jeder einzelnen Betonverdichtungsvorrichtung zu bestimmen, wie oben beschrieben ist, oder es können mehrere Überwachungsvorrichtungen mit nur einem Drucksensor zur Überwachung nur einer der Betonverdichtungsvorrichtungen vorgesehen sein. Die Bestimmung der Drehzahl des Hydraulikmotors aus dem Messsignal der an der Überwachungsvorrichtung angeschlossenen Drucksensoren kann gleichzeitig oder nacheinander erfolgen. Die erfassten Drehzahlen der Hydraulikmotoren der einzelnen Betonverdichtungsvorrichtungen können über eine CAN-Schnittstelle zyklisch ausgesendet werden. Die CAN-Nachrichten können auf der Ausgabeeinheit 8B visualisiert werden. Beispielsweise können die Drehzahlen der Hydraulikmotoren auf der Ausgabeeinheit 8B angezeigt werden.

[0055] Die Überwachungsvorrichtung 8 kann auch eine Mehrzahl von Digitalausgängen zur Ansteuerung von an der Ausgabeeinheit 8B vorgesehenen Signallampen 32 aufweisen, wobei jeder Betonverdichtungsvorrichtung eine Signallampe zugeordnet sein kann. Ein Ausführungsbeispiel ist, dass eine rote Signallampe, die einer Betonverdichtungsvorrichtung zugeordnete ist, eingeschaltet wird, wenn die Drehzahl des Hydraulikmotors dieser Betonverdichtungsvorrichtung einen definierten Schwellenwert für einen bestimmten Zeitraum unterschreitet.

[0056] Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel fungiert die Überwachungsvorrichtung 8 auch als Steuereinrichtung, die Steuersignale zur Ansteuerung der Stromregelventile 17.1, 17.2, 17.3, 17.4 für die Einstellung des Volumenstroms der Hydraulikflüssigkeit für den Antrieb der Betonverdichtungsvorrichtungen 7 erzeugt. Die Steuersignale werden von der Auswerteeinrichtung 26 über Steuerleitungen R1, R2, R3, R4 an die Stromregelventile 17.1, 17.2, 17.3, 17.4 übertragen. Die Auswerteeinrichtung 26 ist für die Regelung der Stromregelventile derart konfiguriert, dass die Stromregelventile in Abhängigkeit von dem mit dem Druck in der Hydraulikflüssigkeit korrelierenden Drucksignal $P(t)$, das der jeweilige Drucksensor 25.1, 25.2, 25.3, 25.4 erzeugt, derart angesteuert werden, dass die betreffende Betonverdichtungsvorrichtung 7 mit einer vorgegebenen Drehzahl betrieben wird. Wenn sich die Drehzahl des Hydraulikmotors 19 einer Betonverdichtungsvorrichtung 7 beispielsweise aufgrund eines Ölverlustes verringert, erzeugt die Auswerteeinrichtung 26 ein Steuersignal, das eine Vergrößerung des Volumenstroms der zu dem Hydraulikmotor der Betonverdichtungsvorrichtung strömenden Hydraulikflüssigkeit bewirkt. Folglich wird der Volumenstrom derart geregelt, dass die Drehzahl des Hydraulikmotors einem vorgegebenen Wert entspricht, wobei die Regelabweichung minimal sein sollte. Dadurch wird erreicht, dass eine optimale Verdichtung des Betons über die Lebensdauer der Betonverdichtungsvorrichtung gewährleistet ist.

Patentansprüche

1. Überwachungsvorrichtung für einen Gleitschalungsfertiger zur Überwachung der Verdichtung von mit mindestens einer hydraulischen Betonverdichtungsvorrichtung (7) in eine Gleitschalung des Gleitschalungsfertigers eingeb-

rachten Betons, wobei die Betonverdichtungs Vorrichtung (7) einen Hydraulikmotor (19) zum Antrieb einer Vibrationen erzeugenden Unwucht aufweist, welcher mit einer Hydraulikflüssigkeit betrieben wird, die in einem Hydraulikflüssigkeitssystem (11) bereitgestellt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Überwachungs Vorrichtung (8) mindestens einen im Hydraulikflüssigkeitssystem anzuordnenden Drucksensor (25.1, 25.2, 25.3, 25.4) aufweist, welcher ein mit dem Druck in der Hydraulikflüssigkeit korrelierendes Drucksignal erzeugt, und eine Auswerteeinrichtung (26) zur Auswertung des mit dem mindestens einem Drucksensor gemessenen Drucks aufweist, welche derart konfiguriert ist, dass auf der Grundlage einer Analyse des Drucksignals auf die Verdichtung des in die Gleitschalung des Gleitschalungsfertigers eingebrachten Betons geschlossen wird.

2. Überwachungs Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auswerteeinrichtung (26) derart konfiguriert ist, dass zur Analyse des Drucksignals das Amplitudenspektrum des Drucksignals ermittelt wird.

3. Überwachungs Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auswerteeinrichtung (26) derart konfiguriert ist, dass das Drucksignal abgetastet wird, wobei das Amplitudenspektrum des Drucksignals durch eine zeitdiskrete Fouriertransformation (DFT), insbesondere eine zeitdiskrete schnelle Fouriertransformation (FFT), des Drucksignals ermittelt wird.

4. Überwachungs Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auswerteeinrichtung (26) derart konfiguriert ist, dass aus dem Amplitudenspektrum des Drucksignals zumindest ein spektraler Anteil, welcher auf die Unwucht zurückzuführen ist, ermittelt wird und die Frequenz des mindestens einen spektralen Anteils bestimmt wird und mit mindestens einem vorgegebenen Grenzwert verglichen wird, wobei bei einer Überschreitung und/oder Unterschreitung des mindestens einen Grenzwertes ein Steuersignal erzeugt wird.

5. Überwachungs Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auswerteeinrichtung (26) derart konfiguriert ist, dass zur Auswertung des Drucksignals ein Schwellenwert für die Amplituden der Harmonischen vorgegeben wird.

6. Überwachungs Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Überwachungs Vorrichtung (8) eine das Steuersignal empfangende Ausgabereinheit (8B) aufweist, die derart ausgebildet ist, dass mit einem akustischen und/oder optischen und/oder einem taktilen Signal eine nicht ordnungsgemäße Verdichtung des Betons beim Betrieb des Gleitschalungsfertigers angezeigt wird, wenn die Ausgabereinheit (8B) das Steuersignal empfängt, oder dass mit einem akustischen und/oder optischen und/oder einem taktilen Signal eine ordnungsgemäße Verdichtung des Betons beim Betrieb des Gleitschalungsfertigers angezeigt wird, wenn die Ausgabereinheit (8A) das Steuersignal nicht empfängt.

7. Gleitschalungsfertiger mit mindestens einer hydraulischen Betonverdichtungs Vorrichtung (7), die einen Hydraulikmotor (19) zum Antrieb einer Vibrationen erzeugenden Unwucht aufweist, welcher mit einer Hydraulikflüssigkeit betrieben wird, die in einem Hydraulikflüssigkeitssystem (11) bereitgestellt wird, und mit einer Überwachungs Vorrichtung (8) nach einem der Ansprüche 1 bis 6.

8. Gleitschalungsfertiger nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hydraulikflüssigkeitssystem (11) eine zu dem Hydraulikmotor (19) der Betonverdichtungseinrichtung (7) führende Druckleitung (14) und eine von dem Hydraulikmotor (19) abgehende Rückleitung (16) umfasst, und der mindestens eine Drucksensor (25.1, 25.2, 25.3, 25.4) in oder an der Druckleitung (14) und/oder der Rückleitung (16) angeordnet ist.

9. Gleitschalungsfertiger nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auswerteeinrichtung (26) der Überwachungs Vorrichtung (8) derart konfiguriert ist, dass die Drehzahl des Hydraulikmotors der mindestens einen Betonverdichtungs Vorrichtung (7) auf der Grundlage einer Analyse des von dem mindestens einen Drucksensor (25.1, 25.2, 25.3, 25.4) erzeugten Drucksignals geregelt wird.

10. Gleitschalungsfertiger nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auswerteeinrichtung (26) der Überwachungs Vorrichtung (8) derart konfiguriert ist, dass ein im Hydraulikflüssigkeitssystem (11) vorgesehenes Stromregelventil (17.1, 17.2, 17.3, 17.4) zur Einstellung des Volumenstroms der in den Hydraulikmotor (19) der mindestens einen Betonverdichtungs Vorrichtung (7) strömenden Hydraulikflüssigkeit in Abhängigkeit von dem mit dem Druck in der Hydraulikflüssigkeit korrelierenden Drucksignal derart angesteuert wird, dass die Betonverdichtungs Vorrichtung (7) mit einer vorgegebenen Drehzahl betrieben wird.

11. Verfahren zur Überwachung der Verdichtung von in eine Gleitschalung eines Gleitschalungsfertigers eingebrachten Betons mit mindestens einer hydraulischen Betonverdichtungsvorrichtung, die einen Hydraulikmotor zum Antrieb einer Vibrationen erzeugenden Unwucht aufweist, der mit einer Hydraulikflüssigkeit betrieben wird, die in einem Hydraulikflüssigkeitssystem bereitgestellt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit mindestens einem im Hydraulikflüssigkeitssystem angeordneten Drucksensor, der ein mit dem Druck in der Hydraulikflüssigkeit korrelierendes Drucksignal erzeugt, der Druck in der Hydraulikflüssigkeit gemessen wird, wobei auf der Grundlage einer Analyse des Drucksignals auf die Verdichtung des in die Gleitschalung des Gleitschalungsfertigers eingebrachten Betons geschlossen wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Analyse des Drucksignals das Amplitudenspektrum des Drucksignals durch eine zeitdiskrete Fouriertransformation (DFT), insbesondere eine zeitdiskrete schnelle Fouriertransformation (FFT), ermittelt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus dem Amplitudenspektrum des Drucksignals zumindest ein spektraler Anteil, welcher auf die Unwucht zurückzuführen ist, ermittelt wird und die Frequenz des mindestens einen spektralen Anteils bestimmt wird und mit mindestens einem vorgegebenen Grenzwert verglichen wird, wobei bei einer Überschreitung und/oder Unterschreitung des vorgegebenen Grenzwertes ein Steuersignal erzeugt wird und mit einem akustischen und/oder optischen und/oder einem taktilen Signal eine nicht ordnungsgemäße Verdichtung des Betons beim Betrieb des Gleitschalungsfertigers angezeigt wird, wenn das Steuersignal erzeugt wird, oder mit einem akustischen und/oder optischen und/oder einem taktilen Signal eine ordnungsgemäße Verdichtung des Betons beim Betrieb des Gleitschalungsfertigers angezeigt wird, wenn das Steuersignal nicht erzeugt wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Drehzahl des Hydraulikmotors der mindestens einen Betonverdichtungsvorrichtung auf der Grundlage einer Analyse des von dem mindestens einen Drucksensor erzeugten Drucksignals geregelt wird.
15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein im Hydraulikflüssigkeitssystem vorgesehenes Stromregelventil zur Einstellung des Volumenstroms der in den Hydraulikmotor der mindestens einen Betonverdichtungsvorrichtung strömenden Hydraulikflüssigkeit in Abhängigkeit von dem mit dem Druck in der Hydraulikflüssigkeit korrelierenden Drucksignal derart angesteuert wird, dass die Betonverdichtungsvorrichtung mit einer vorgegebenen Drehzahl betrieben wird.

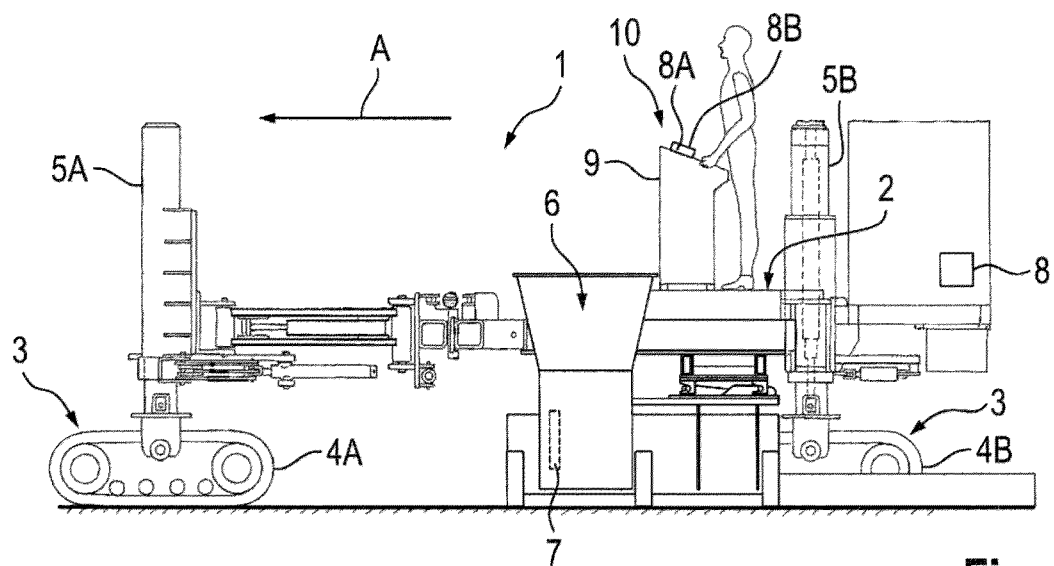


Fig. 1

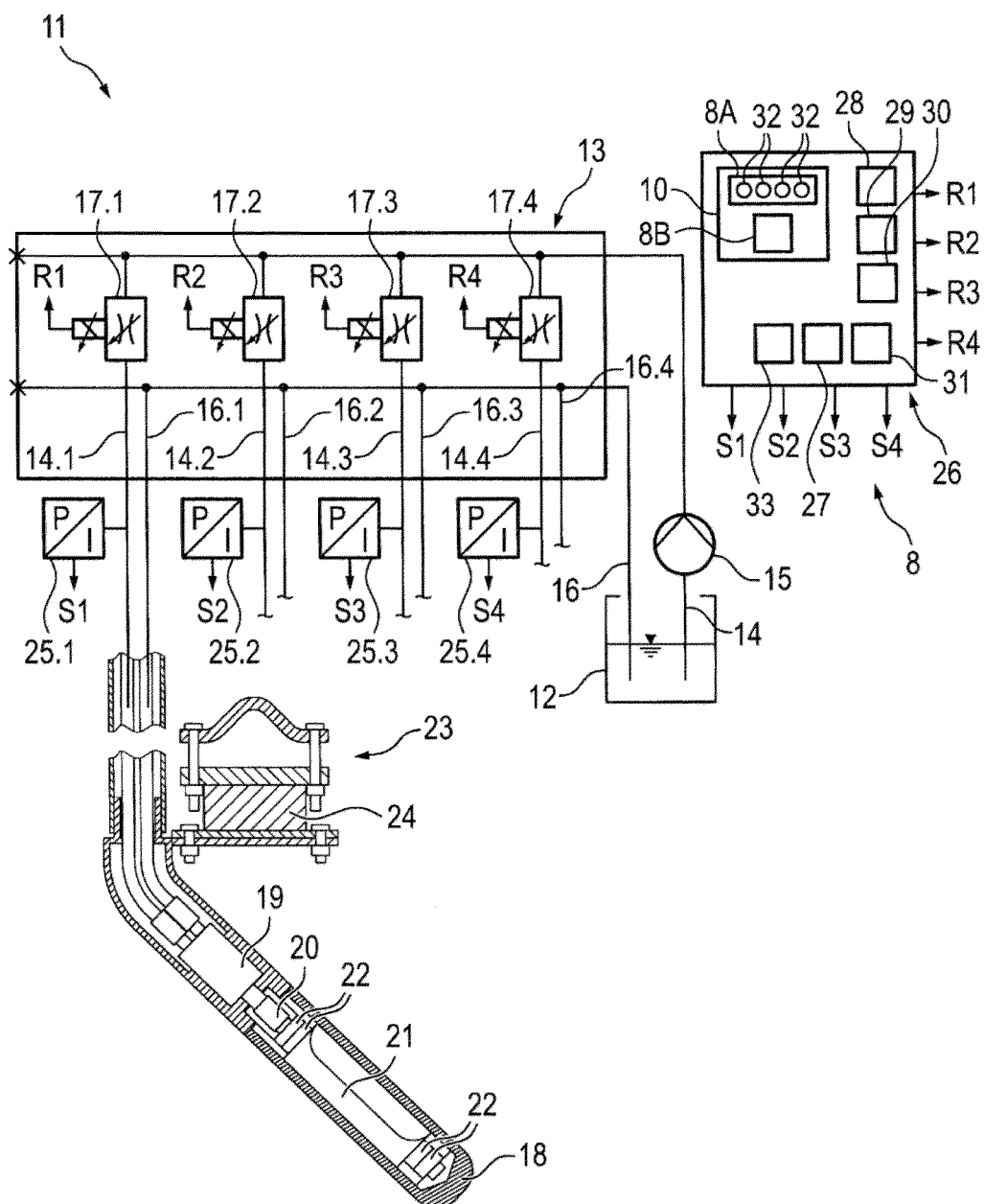


Fig. 2

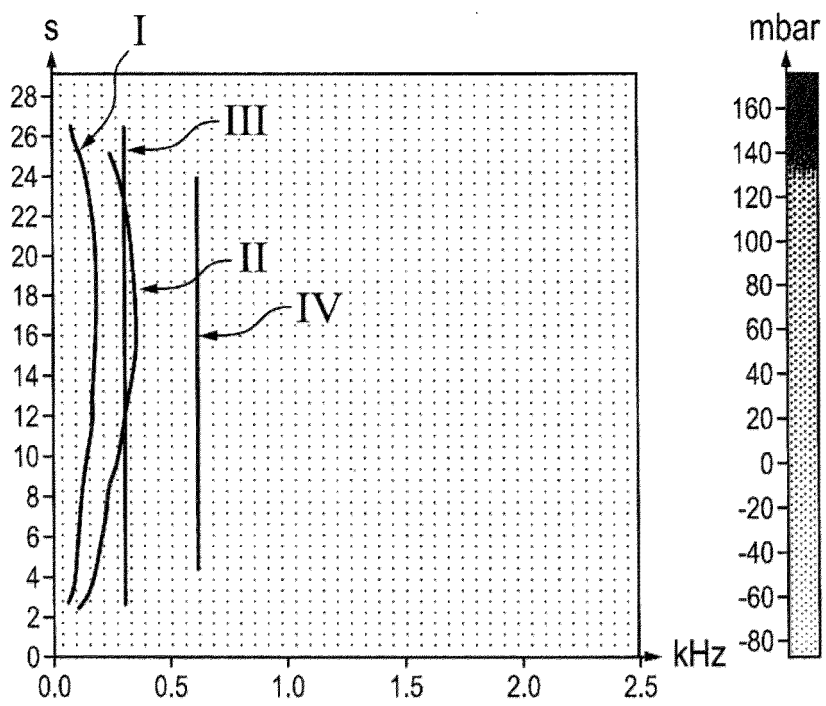


Fig. 3

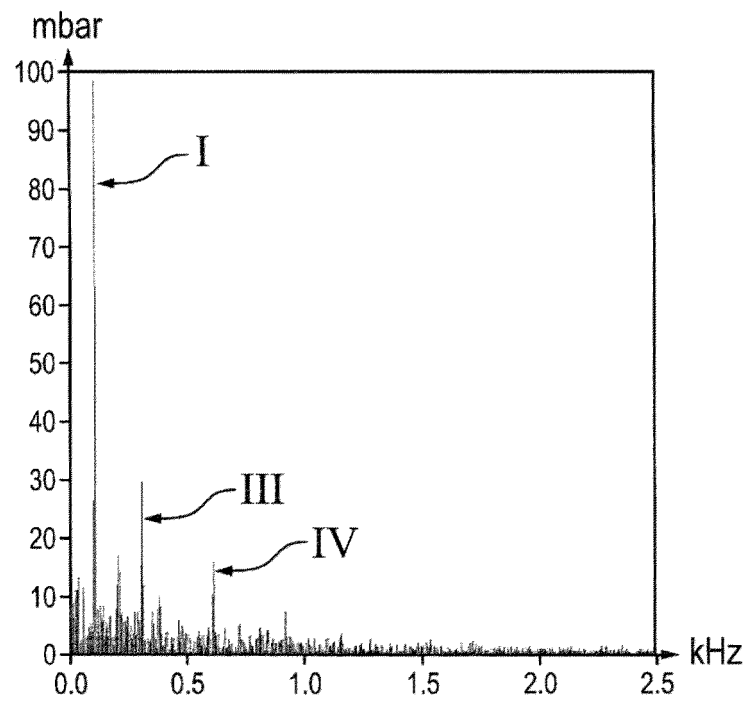


Fig. 4

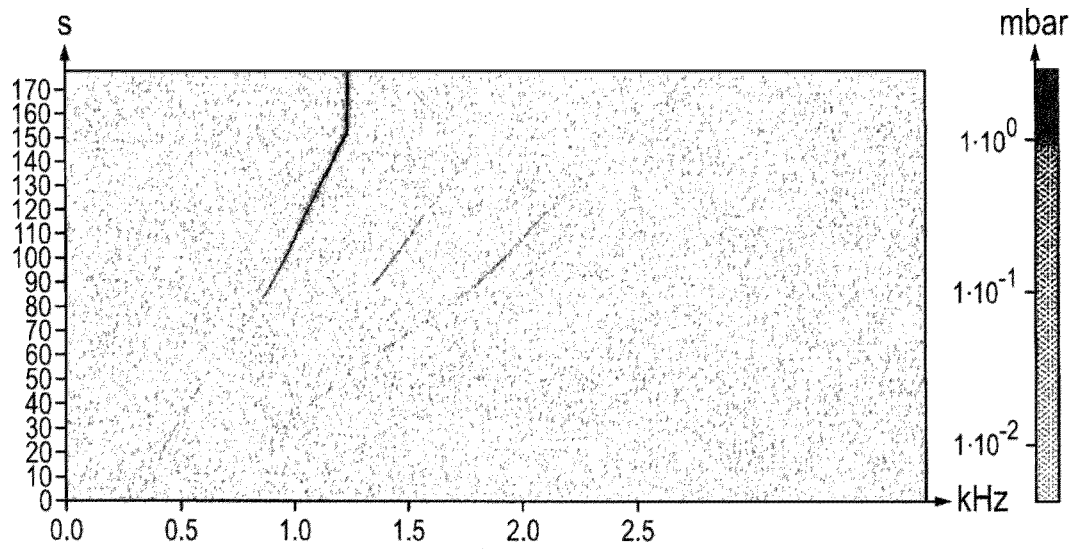


Fig. 5

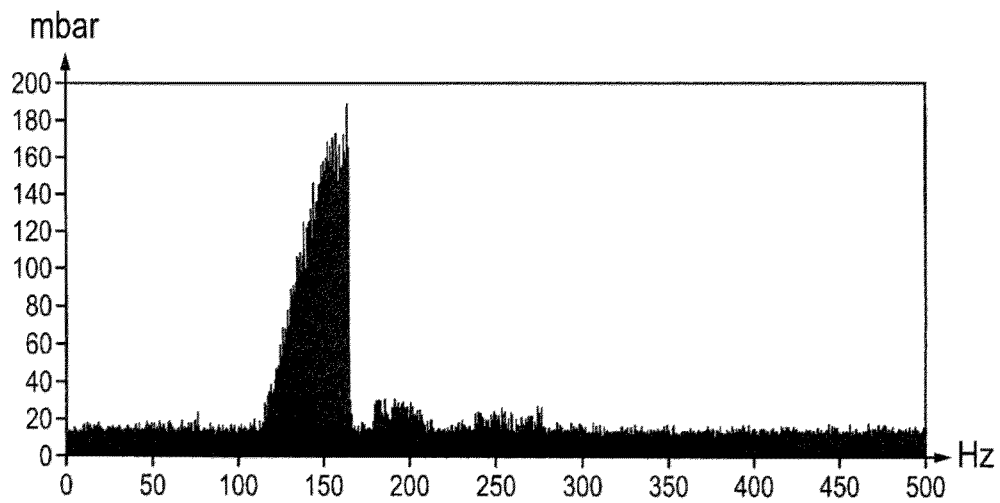


Fig. 6



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 24 19 4654

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	US 5 992 238 A (HEIMBRUCH GLENN A [US] ET AL) 30. November 1999 (1999-11-30) * das ganze Dokument *	1,11	INV. E01C19/48 E01C19/40 E04G21/08
A	CN 215 714 455 U (JIANGSU SIMING ENG MACHINERY CO LTD) 1. Februar 2022 (2022-02-01) * das ganze Dokument *	1-15	
A,D	US 6 055 486 A (MINNICH JAMES R [US] ET AL) 25. April 2000 (2000-04-25) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-20B *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			E01C E04G
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 21. Januar 2025	Prüfer Flores Hokkanen, P
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 4654

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.

21 - 01 - 2025

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	US 5992238 A	30 - 11 - 1999	KEINE	
15	CN 215714455 U	01 - 02 - 2022	KEINE	
	US 6055486 A	25 - 04 - 2000	KEINE	
20				
25				
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 1103659 B1 [0002] [0027]
- DE 102019125590 A1 [0005] [0006]
- US 6055486 A [0008]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **MEYER, MARTIN.** Analoge und digitale Signale, Systeme und Filter. Springer Vieweg, 20179 [0051]