



(11) **EP 4 059 680 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
21.09.2022 Patentblatt 2022/38

(21) Anmeldenummer: **22153484.5**

(22) Anmeldetag: **26.01.2022**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B28B 1/087 (2006.01) **B28B 17/00** (2006.01)
B30B 11/00 (2006.01) **B30B 11/02** (2006.01)
B30B 15/26 (2006.01) **E04G 21/06** (2006.01)
G01N 33/38 (2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B28B 1/087; B28B 17/0081; B30B 11/005;
B30B 11/022; B30B 15/26; E04G 21/065

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(30) Priorität: **16.03.2021 DE 102021106330**

(71) Anmelder: **Wacker Neuson Produktion GmbH & Co. KG**
85084 Reichertshofen (DE)

(72) Erfinder:
• **SCHULZE, Richard**
10247 Berlin (DE)
• **MARTIN, Markus**
86919 Utting (DE)

(74) Vertreter: **Müller Hoffmann & Partner**
Patentanwälte mbB
St.-Martin-Strasse 58
81541 München (DE)

(54) **BETONVERDICHTUNGSSYSTEM UND VERFAHREN ZUM VERDICHTEN VON BETONTEILEN IM RAHMEN EINES BETONVERDICHTUNGSPROZESSES**

(57) Es wird ein Betonverdichtungssystem zum Verdichten von Betonteilen im Rahmen eines Betonverdichtungsprozesses angegeben, mit einer Bauteilform (5) zum Aufnehmen von fließfähigem Beton; einer mit der Bauteilform (5) gekoppelten Vibrationsvorrichtung (4, 7) zum Erzeugen von in die Bauteilform (5) einleitbaren Vibrationen; einer Prozessdatenerfassungsvorrichtung (6) zum Erfassen von realen Prozessdaten, die zu wenigstens einem Prozessparameter gehören, wobei die Prozessdatenerfassungsvorrichtung (6) eine manuelle Eingabevorrichtung zum manuellen Eingeben von Prozess-

daten durch einen Benutzer und/oder eine automatisierte Erfassungsvorrichtung zum automatisierten Erfassen von Prozessdaten aufweist; einem digitalen Modell (20), in dem für wenigstens einen Prozessparameter virtuelle Prozessdaten in Relation zu einem idealisierten Verdichtungsfortschritt hinterlegt sind; und mit einer Analysevorrichtung (30) zum Vergleichen der durch die Prozessdatenerfassungsvorrichtung erfassten realen Prozessdaten mit den virtuellen Prozessdaten und damit zum Bestimmen eines realen Verdichtungsfortschritts aus dem idealisierten Verdichtungsfortschritt.

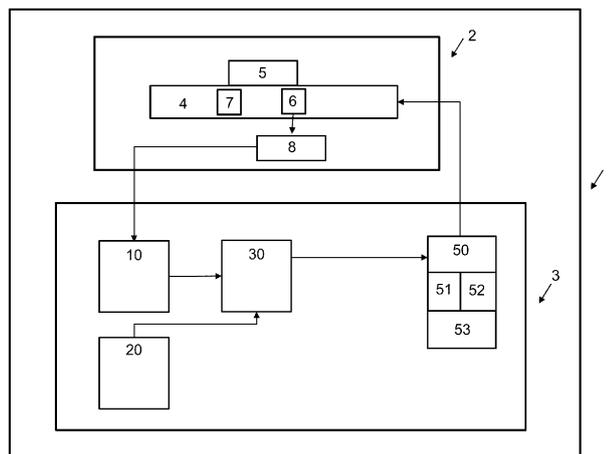


Fig. 1

EP 4 059 680 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Betonverdichtungssystem zum Verdichten von Betonteilen im Rahmen eines Fertigungs- bzw. Betonverdichtungsprozesses und ein Verfahren zum Erreichen einer ausreichenden Verdichtung eines Betonbauteils in dem Betonverdichtungsprozess.

[0002] In Betonwerken werden Betonteile im Rahmen eines Fertigungsprozesses hergestellt, bei dem noch fließfähiger Beton in eine Bauteilform gegossen wird, die anschließend gerüttelt wird, um den Luftgehalt des Betons zu reduzieren und ein homogenes Gefüge zu erzielen. Nach Abschluss des Rüttelvorgangs, der in der Regel zwischen einigen Sekunden und wenigen Minuten dauern kann, verbleibt der Beton in der Form und kann Aushärten.

[0003] Die Anforderungen an dadurch hergestellte Beton-Fertigbauteile sind hoch und wachsen kontinuierlich weiter. Teilweise sind diese Anforderungen durch übergeordnete technische Vorschriften und gesetzliche Vorschriften geregelt. Zunehmend gibt es auch Forderungen nach definierten Zielgrößen des Verdichtungsprozesses, die in Bezug auf einen konkreten Fertigungsprozess erfüllt werden müssen. Der Verdichtungsprozess von Fertigbauteilen wird durch eine Vielzahl unterschiedlicher Prozessparameter beeinflusst. Hierbei beschreibt der Begriff Prozessparameter alle Eingangsgrößen, wie z.B. Betonrezeptur, Bauteilgeometrie, Bauteilaufbau, Vibrationsstärke, Ort des Vibrationseintrags etc.

[0004] Einerseits muss der Rüttelvorgang gewisse Kriterien erfüllen, um den erforderlichen Verdichtungsgrad des Betonteils zu erreichen bzw. zu gewährleisten. Andererseits soll im Sinne eines effektiven Herstellprozesses eine Überdimensionierung des Rüttelvorgangs vermieden werden. Insofern ist es von wesentlicher Bedeutung, dass der Rüttelvorgang das erforderliche Maß erfüllt, aber auch nicht mehr. Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass der Rüttelvorgang wegen der immensen Lärmentwicklung sowie hoher mechanischer Beanspruchung der Bauteil-Produktionsanlage so kurz wie möglich durchgeführt werden soll.

[0005] Unabhängig von den bei der Herstellung vorliegenden Prozessparametern muss immer die erforderliche Verdichtungsqualität sichergestellt sein. Allerdings führt die Variation einzelner Prozessparameter (z.B. Vibrationseintrag) zu unterschiedlichen Verdichtungsfortschrittgeschwindigkeiten. Dabei sind die Zusammenhänge zwischen Beton- und Produktionsbedingungen und den Verdichtungsergebnissen komplex und können in der Regel nur von geübten Anwendern überblickt werden.

[0006] Der Verdichtungsprozess ist somit von wesentlicher Bedeutung für die Bauteileigenschaften eines Betonfertigteils bezüglich der realisierbaren physikalischen Eigenschaften. Unerfahrene Anwender tun sich oft schwer, im Rahmen eines Betonverdichtungsprozesses die Parameter richtig einzuschätzen und daraus die rich-

tigen Schlüsse zu ziehen.

[0007] Daher liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Betonverdichtungssystem und ein entsprechendes Verfahren anzugeben, mit dem einerseits Betonverdichtungsprozesse vereinheitlicht und andererseits auch unerfahrene Bediener den Verdichtungsprozess begleiten können.

[0008] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Betonverdichtungssystem gemäß Anspruch 1 gelöst. Im nebengeordneten Anspruch wird ein Verfahren zum Erreichen einer ausreichenden Verdichtung eines Betonteils in einem Betonverdichtungsprozess angegeben. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0009] Es wird ein Betonverdichtungssystem zum Verdichten von Betonteilen im Rahmen eines Betonverdichtungsprozesses angegeben, mit einer Bauteilform zum Aufnehmen von fließfähigem Beton; einer mit der Bauteilform gekoppelten Vibrationsvorrichtung zum Erzeugen von in die Bauteilform einleitbaren Vibrationen; einer Prozessdatenerfassungsvorrichtung zum Erfassen von realen Prozessdaten, die zu wenigstens einem Prozessparameter gehören, wobei die Prozessdatenerfassungsvorrichtung eine manuelle Eingabevorrichtung zum manuellen Eingeben von Prozessdaten durch einen Benutzer und/oder eine automatisierte Erfassungsvorrichtung zum automatisierten Erfassen von Prozessdaten aufweist; einem digitalen Modell, in dem für wenigstens einen Prozessparameter virtuelle Prozessdaten in Relation zu einem idealisierten Verdichtungsfortschritt hinterlegt sind; und mit einer Analysevorrichtung zum Vergleichen der durch die Prozessdatenerfassungsvorrichtung erfassten realen Prozessdaten mit den virtuellen Prozessdaten und damit zum Bestimmen eines realen Verdichtungsfortschritts aus dem idealisierten Verdichtungsfortschritt.

[0010] Die Bauteilform kann dabei insbesondere einen Rütteltisch aufweisen, auf dem weitere Formelemente, z.B. Wände, befestigt sind. Die Bauteilform ist typischerweise Teil einer an sich bekannten Bauteil-Produktionsanlage.

[0011] Die Vibrationsvorrichtung kann einen oder mehrere Vibrationserreger aufweisen, die wenigstens an einer Seite der Bauteilform, häufig an der Unterseite eines Rütteltisches, befestigt sind. Durch die Vibrationsvorrichtung bzw. die Vibrationserreger werden Schwingungen erzeugt, die in die Bauteilform und damit in den fließfähigen Beton eingeleitet werden und den Beton auf diese Weise in an sich bekannter Weise verdichten. Als Vibrationserreger haben sich vor allem bekannte Außenrüttler als geeignet erwiesen, bei denen einen Unwuchtwellen durch einen Elektromotor drehend angetrieben wird, um die gewünschten Schwingungen für die Verdichtung zu erzeugen.

[0012] Generell können die Vibrationsvorrichtung bzw. die einzelnen Vibrationserreger ein- und ausgeschaltet werden. Ebenso kann es auch möglich sein, Vibrationsparameter zu verändern, wie z.B. Vibrationsstärke, Vib-

rationsamplitude oder Vibrationsfrequenz.

[0013] Die Prozessdatenerfassungsvorrichtung dient dazu, reale Daten zu erfassen, die Prozessparametern zugeordnet werden können. Diese Prozessparameter sind insbesondere Parameter, die in irgendeiner Weise die Verdichtungsparameter beeinflussen, wie zum Beispiel die Beton-Konsistenz, die Bauteilgeometrie etc., wie später noch erläutert wird.

[0014] Als Prozessdaten sind dabei die einzelnen Werte zu einem jeweiligen Prozessparameter zu verstehen.

[0015] Ein Teil der Prozessdaten bzw. Prozessparameter wird über die automatisierte Erfassungsvorrichtung automatisch erfasst werden können. Alternativ können aber auch Daten durch den Bediener manuell eingegeben werden. Hierzu ist es zweckmäßig, wenn die manuelle Eingabevorrichtung eine entsprechende Bedieneinrichtung (Bedienfeld) aufweist, über die der Bediener Prozessdaten zu bestimmten Prozessparametern eingeben kann.

[0016] In dem Betonverdichtungssystem wird vorab ein digitales Modell hinterlegt, in dem für wenigstens einen Prozessparameter jeweilige virtuelle Prozessdaten in Relation zu einem idealisierten (virtuellen) Verdichtungsfortschritt hinterlegt sind. Der Verdichtungsprozess kann dabei zum Beispiel in Prozentwerten bestimmt werden, wobei ein Wert von 100% als eine ausreichende Verdichtung verstanden werden kann.

[0017] Im Rahmen von Vorversuchen werden für den betreffenden Prozessparameter jeweilige Prozessdaten durch entsprechende Versuchsreihen ermittelt und in Relation zu dem dann jeweils aktuellen Verdichtungsfortschritt dokumentiert. Die so gewonnenen Datenpaare oder auch - bei mehreren Prozessparametern - Datentabellen - werden in Form des digitalen Modells hinterlegt. Das digitale Modell kann deshalb als Referenzmodell verstanden werden. Der idealisierte (virtuelle) Verdichtungsfortschritt kann ebenfalls als Referenz-Verdichtungsfortschritt verstanden werden.

[0018] Bei einem nachfolgenden Produktionsprozess bzw. Betonverdichtungsprozess an einem realen Bauteil können immer wieder die dann während des Prozesses gemessenen Prozessdaten mit den im System hinterlegten Prozessdaten (virtuelle Prozessdaten) des digitalen Modells verglichen werden. Entsprechend kann dann auf den Verdichtungsfortschritt bei dem real aktuell gefertigten Bauteil geschlossen werden.

[0019] Die virtuellen Prozessdaten des digitalen Modells sind somit insbesondere durch Versuche und Messungen an realen Verdichtungsprozessen vorab bestimmbar. Sie stellen einen "Datenschatz" dar, der vom Hersteller des Betonverdichtungssystems, aber auch vom Anwender bzw. Nutzer des Systems erschaffen werden kann.

[0020] Das digitale Modell, das ein digitales Abbild des Verdichtungsprozesses in Form eines Datenmodells darstellt, kann somit alle Informationen enthalten für die Berechnung des aktuellen Verdichtungsfortschritts, die Dokumentation des Verdichtungsprozesses, die Steue-

rung, Regelung und Optimierung des Verdichtungsprozesses und die Informationen auf einem Bedienfeld bzw. einer Anzeige. Das digitale Modell stellt insoweit ein Simulationsmodell eines realen Verdichtungsprozesses dar.

[0021] Während des Verdichtungsvorgangs kann fortlaufend der Verdichtungsfortschritt berechnet und am Bedienfeld bzw. der Anzeige angezeigt werden. Die Berechnung des Verdichtungsfortschritts kann inkrementell auf Basis des letzten berechneten Verdichtungsfortschritts und der jeweils aktuellen Prozessparameter des digitalen Modells erfolgen.

[0022] Der Zusammenhang zwischen den Prozessparametern und dem Verdichtungsfortschritt wird durch ein mathematisches Modell hergestellt. Dieses Gesamtmodell kann sich aus Einzelmodellen zusammensetzen, die den Einfluss einzelner, aus den Prozessgrößen gewonnener Prozessparameter auf den Verdichtungsfortschritt darstellen. Dabei können Einzelmodelle auch Einfluss auf andere Einzelmodelle haben.

[0023] Zum "Befüllen" der Einzelmodelle oder des sich daraus ergebenden Gesamtmodells können verschiedene Methoden zur Auswertung von realen Prozessdaten gewonnen werden, wie z.B. wissenschaftliche Literatur, Simulation physikalischer Vorgänge, maschinelles Lernen, Curve Fitting sowie heuristische Methoden (z.B. Erfahrungswerte).

[0024] Die Prozessparameter können ausgewählt sein aus der Gruppe Bauteilgeometrie (z.B. Bauteildicke), Bauteilgrundfläche (z.B. die Fläche, die auf dem Rütteltisch durch die Bauteilform abgedeckt ist), Bauteilvolumen (z.B. Grundfläche und Höhe bzw. Dicke des Bauteils, Masse des eingebrachten fließfähigen Betons), Position der Bauteilform auf der Vibrationsvorrichtung, Bewehrungsgrad (Stahlanteil in dem Betonteil), Frischbeton-Konsistenz, Wasser/Zement-Wert (Verhältnis zwischen der Masse des Wassers und des eingesetzten Zements), Vibrationsstärke, Vibrationsamplitude, Vibrationsfrequenz, Stromaufnahme der Vibrationsvorrichtung, Ort bzw. Orte des Vibrationseintrags, Position der Vibrationserreger.

[0025] Die Vibrationsstärke, die im Wesentlichen durch die Vibrationsamplitude und auch durch die Vibrationsfrequenz bestimmt wird, hat einen erheblichen Einfluss auf den Verdichtungsfortschritt. Durch ihre Variation können der Verdichtungsfortschritt bzw. die Verdichtungsfortschrittgeschwindigkeit gesteuert werden.

[0026] Die Vibrationsstärke kann auch durch die Anzahl und die Positionierung der aktivierten Vibrationserreger, die einen Teil der gesamten Vibrationsvorrichtung darstellen, beeinflusst werden. Je mehr Vibrationserreger (gegebenenfalls mit gleicher Vibrationsamplitude und Vibrationsfrequenz) aktiviert sind, desto größer wird die Vibrationsstärke sein. Hierbei können auch lokale Schwingungseinflüsse durch die Positionierung der Vibrationserreger berücksichtigt werden.

[0027] Das Betonverdichtungssystem kann mit Hilfe

des digitalen Modells (Simulationsmodell) auf Basis der jeweils aktuellen Prozessparameter kontinuierlich oder auch zu bestimmten Zeitpunkten die Verdichtungsfortschrittgeschwindigkeit (z.B. in %/s) berechnen. Durch eine Integration kann auch der aktuelle Verdichtungsfortschritt (z.B. in %) ermittelt werden. Als Simulationsergebnis kann somit die Verdichtungsfortschrittgeschwindigkeit ausgegeben werden, die alternativ auch als Verdichtungsfortschritt dem Bediener mitgeteilt werden kann.

[0028] Es kann eine Aufzeichnungsvorrichtung vorgesehen sein, zum Aufzeichnen, insbesondere zum zeitbezogenen Aufzeichnen von wenigstens einem Teil der Prozessdaten. Die auf diese Weise aufgezeichneten Prozessdaten können dementsprechend in geeigneter Weise gespeichert bzw. dokumentiert werden. Dies wird in der Regel auch in Relation zum zeitlichen Verlauf sinnvoll sein, zum Beispiel mit einem zeitlich definierten Intervall oder zu einem bestimmten Zeitpunkt.

[0029] Die auf diese Weise dokumentierten Prozessdaten können bedarfsweise dem fertigen Bauteil dauerhaft zugeordnet werden, um auch zu sehr viel späteren Zeitpunkten Informationen über das Herstellungsverfahren und insbesondere den Betonverdichtungsprozess für dieses spezielle Bauteil belegen zu können. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass auch aufgrund zunehmend strengerer gesetzlicher Regelungen für die Betonteilproduzenten entsprechende Dokumentationspflichten bestehen.

[0030] Es kann eine Ausgabevorrichtung vorgesehen sein, zum Ausgeben von Information, ausgewählt aus der Gruppe Verdichtungsgrad, Verdichtungsfortschritt (z.B. in %), Verdichtungsfortschrittgeschwindigkeit (z.B. in %/s), Prozessdaten zu wenigstens einem der Prozessparameter, akustisches Signal, akustisches und/oder optisches Signal als Hinweis für den Bediener zum Abschalten der Vibrationsvorrichtung, Steuerbefehl zum Steuern eines Prozessparameters, Ausschalt-Steuerbefehl zum Ausschalten der Vibrationsvorrichtung.

[0031] Die Ausgabevorrichtung ist somit in der Lage, das Ergebnis der Analysevorrichtung in geeigneter Weise dem Bediener oder auch der Anlage selbst, z.B. der Vibrationsvorrichtung mitzuteilen.

[0032] Die Ausgabevorrichtung kann dementsprechend auch Steuerbefehle für die Steuerung des Betonverdichtungssystems ausgeben, z.B. zur Ansteuerung von einzelnen Vibrationserregern oder von Gruppen von Vibrationserregern.

[0033] Es kann eine Regelungsvorrichtung vorgesehen sein, zum Vergleichen des realen Verdichtungsfortschritts mit einem vorbestimmten Grenz-Verdichtungsfortschritt und zum Erzeugen eines Ausschalt-Steuerbefehls, wenn der reale Verdichtungsfortschritt größer oder gleich dem Grenz-Verdichtungsfortschritt ist.

[0034] Die Regelungsvorrichtung erlaubt es somit, den Betonverdichtungsprozess zu automatisieren und insbesondere nach einem Starten des Prozesses automatisch zum Ende zu führen. Insbesondere dann, wenn die Regelungsvorrichtung feststellt, dass der reale Verdich-

tungsfortschritt den Grenz-Verdichtungsfortschritt erreicht hat, kann sie die Anlage und insbesondere die Vibrationsvorrichtung abschalten. Die Regelungsvorrichtung kann z.B. auf diese Weise den Ausschalt-Steuerbefehl für die Ausgabevorrichtung erzeugen.

[0035] Bei einer Weiterentwicklung kann die Regelungsvorrichtung auch ausgebildet sein, um bereits während des Betonverdichtungsprozesses Maßnahmen zu ergreifen, die den Betonverdichtungsprozess beeinflussen, insbesondere durch Beeinflussung von wenigstens einem der Prozessparameter. Hierbei wird sich insbesondere die Vibrationsstärke, Vibrationsamplitude oder Vibrationsfrequenz anbieten.

[0036] Insbesondere kann die Regelungsvorrichtung geeignet sein, um die Vibrationsfrequenz einzustellen oder einzelne Vibrationserreger ein- und auszuschalten, um den Verdichtungsprozess zu optimieren.

[0037] Die Prozessdatenerfassungsvorrichtung kann eine Sensorvorrichtung aufweisen, zum Erfassen von wenigstens einem Vibrationsparameter an der Bauteilform, wobei der Vibrationsparameter als ein Prozessparameter dient. Als Vibrationsparameter eignen sich z.B. Amplitude, Frequenz oder Stromstärke der einzelnen Vibrationserreger. Die Sensorvorrichtung kann z.B. einen Beschleunigungsmesser aufweisen, um die Vibration an der entsprechenden Stelle der Bauteilform zu ermitteln.

[0038] Die Prozessdatenerfassungsvorrichtung kann auch weitere Sensorvorrichtungen aufweisen, z.B. zur fotografischen Erfassung des Produktionsprozesses, zum Ermitteln der Position des Bauteils auf bzw. in der Form, zum Ermitteln der Bauteilgeometrie, zum Bestimmen des Bewehrungsgrads (Stahlanteil), für Schallpegelmessungen sowie für sonstige Betonzustände (z.B. Setzungen, Luftgehalt etc.). Es können Schnittstellen zu anderen Datenerfassungseinrichtungen oder Produktionsunterstützungssystemen wie z.B. messende oder projizierende Systeme vorgesehen sein. Ebenso können auch Schnittstellen zu sog. ERP-Systemen (Enterprise Resource Planning) bzw. Produktionsleitsystemen vorgesehen sein.

[0039] Wie bereits ausgeführt, kann die Vibrationsvorrichtung mehrere Vibrationserreger aufweisen, die einzeln oder in Gruppen aktivierbar und deaktivierbar sind. Damit muss immer nur die Anzahl von Vibrationserregern aktiviert werden, die für eine effiziente Betonverdichtung erforderlich ist. Auch die Anzahl der Vibrationserreger und gegebenenfalls die Position der Vibrationserreger in Relation zur Bauteilform können als Bestandteil des digitalen Modells hinterlegt sein.

[0040] Es kann eine Steuervorrichtung vorgesehen sein, zum Steuern von wenigstens einer Funktion, ausgewählt aus der Gruppe: Ausschalten der gesamten Vibrationsvorrichtung, individuelles Ein- und Ausschalten von einzelnen Vibrationserregern der Vibrationsvorrichtung, Verändern der Vibrationsfrequenz von einem oder allen eingeschalteten Vibrationserregern, Verändern der Rüttlerunwucht. Demensprechend ist die Steuervorrichtung geeignet, die Vibrationsvorrichtung anzusteuern.

Die Rüttlerunwucht betrifft insbesondere die Unwuchtmasse der Unwuchtwellen und die Lage bzw. Exzentrizität des Schwerpunkts der Unwuchtmassen auf der Unwuchtwellen).

[0041] Es wird ein Verfahren zum Erreichen einer ausreichenden Verdichtung eines Betonteils in einem Betonverdichtungsprozess angegeben, mit den Schritten:

- Befüllen einer Bauteilform mit fließfähigem Beton;
- Rütteln der Bauteilform;
- Erfassen von realen Prozessdaten zu wenigstens einem Prozessparameter;
- Analysieren der realen Prozessdaten im Verhältnis zu einem idealisierten Verdichtungsfortschritt in einem digitalen Modell und Ableiten eines realen Verdichtungsfortschritts aufgrund der realen Prozessdaten, wobei in dem digitalen Modell vorab gemessene Prozessdaten und Verdichtungsfortschritte für Betonteile hinterlegt worden sind; und
- Ausgeben einer Information zum dem realen Verdichtungsfortschritt.

[0042] Das Verfahren arbeitet somit mit dem vorher befüllten bzw. "angelernten" digitalen Modell, wie oben bereits erläutert wurde. Insbesondere kann der reale Verdichtungsfortschritt anhand eines Vergleichs mit dem virtuellen idealisierten Verdichtungsfortschritt des digitalen Modells (Referenzmodell) ermittelt werden.

[0043] Das Verfahren kann in einer Ausführungsform ausgebildet sein, um die oben bereits genannten Ansteuerungen, insbesondere die Ansteuerungen der einzelnen Vibrationserreger, vorzunehmen, um dadurch die Vibrationswirkung und damit den Verdichtungsfortschritt zu beeinflussen.

[0044] Diese und weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden nachfolgend anhand von Beispielen unter Zuhilfenahme der begleitenden Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 den schematischen Aufbau eines erfindungsgemäßen Betonverdichtungssystems; und

Fig. 2 ein Beispiel für ein Bedienfeld als Teil einer Ausgabevorrichtung.

[0045] Fig. 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Betonverdichtungssystem 1, mit einer Bauteil-Produktionsanlage 2 und einem damit verbundenen Prozessrechner 3. Der Prozessrechner stellt nicht nur Rechenfunktionen zur Verfügung, sondern auch Steuerungs- oder Regelungsfunktionen. Insbesondere können über den Prozessrechner 3 an der Bauteil-Produktionsanlage 2 gemessene Prozessparameter ausgewertet und Aggregate der Bauteil-Produktionsanlage 2 angesteuert werden.

[0046] Die Bauteil-Produktionsanlage 2 weist eine Vibrationsvorrichtung 4 auf, die mehrere nicht im Einzelnen dargestellte Vibrationserreger (z.B. Außenrüttler) aufweisen kann.

[0047] Oberhalb von der Vibrationsvorrichtung 4 ist eine Bauteilform 5 angeordnet, die das zu verdichtende Beton-Bauteil wenigstens an den Seiten und an der Unterseite umschließt und in die zum Beginn des Fertigungsprozesses fließfähiger Beton eingefüllt werden kann.

[0048] Die Vibrationsvorrichtung 4 kann z.B. auch als Rütteltisch ausgebildet sein, wie in Betonwerken üblich. In diesem Fall stellt die Vibrationsvorrichtung 4 auch einen Teil der Bauteilform 5, nämlich insbesondere die Unterseite der Bauteilform 5, dar.

[0049] An der Vibrationsvorrichtung 4 ist ein Teil einer Prozessdatenerfassungsvorrichtung bildendes Sensornetzwerk 6 vorgesehen, zum Erfassen der Vibrationen an der Vibrationsvorrichtung 4 und zum Erzeugen von entsprechenden Sensordaten 8. Das Sensornetzwerk 6 kann verschiedene Sensoren aufweisen, die unterschiedliche Prozessparameter überwachen und entsprechende Sensordaten 8 liefern.

[0050] Die Vibrationsvorrichtung 4 kann einen oder mehrere Vibrationserreger 7 aufweisen, die z.B. als an sich bekannte Außenrüttler ausgebildet sind. In Fig. 1 ist lediglich ein Vibrationserreger 7 stellvertretend für weitere dargestellt.

[0051] Der Prozessrechner 3 weist eine elektronische Aufzeichnungsvorrichtung 10 auf, zum Erfassen und Dokumentieren der Sensordaten 8 und weiterer Prozessdaten.

[0052] Weiterhin ist ein als digitales Modell dienendes Simulations-Modell 20 vorgesehen, das zur Berechnung des Verdichtungsfortschritts genutzt wird und in dem vorab für wenigstens einen Prozessparameter entsprechende Prozessdaten in Relation zu einem Verdichtungsfortschritt hinterlegt sind. Das Simulationsmodell 20 kann z.B. entsprechende Tabellen oder Kurven oder Formelzusammenhänge umfassen. Zudem kann das Simulationsmodell 20 verschiedene Einzelmodelle umfassen, die sich jeweils mit Teilaspekten bzw. einzelnen Prozessparametern befassen.

[0053] Teil des Prozessrechners 3 ist weiterhin eine Analysevorrichtung 30 und eine Ausgabevorrichtung 50. Die Analysevorrichtung 30 dient zum Vergleichen der durch die Aufzeichnungsvorrichtung 10 gespeicherten Sensordaten 8 mit Daten aus dem Simulationsmodell 20. Auf diese Weise kann der Verdichtungsfortschritt des zu produzierenden Betonteils in der Bauteilform 5 permanent simuliert und ermittelt werden.

[0054] Die Ausgabevorrichtung 50 dient zum Ausgeben von Informationen, zu denen auch Steuersignale gehören können.

[0055] Mittels des Prozessrechners 3 soll der ideale Abschaltzeitpunkt identifiziert werden, zu dem das zu fertigende Betonbauteil in der Bauteilform 5 ausreichend verdichtet wurde. Dabei wird ausgehend von den in der Aufzeichnungsvorrichtung 10 hinterlegten Sensordaten 8 und weiterer Prozessdaten eines Messintervalls durch die im Simulations-Modell 20 hinterlegten Vorschriften die Verdichtungsfortschrittgeschwindigkeit für die jewei-

ligen Zeitintervalle durch die Analysevorrichtung 30 simuliert und der Verdichtungsfortschritt berechnet. Dies erfolgt z.B. durch numerische Integration der Verdichtungsfortschrittgeschwindigkeit nach der Zeit.

[0056] Der Verdichtungsfortschritt (z.B. in %) wird an die Ausgabevorrichtung 50 übermittelt, die in Abhängigkeit von dem Ergebnis entweder den Verdichtungs Vorgang fortführt oder ein Signal 51 zum manuellen Abschalten des Vibrationserregers 7 oder - ergänzend oder alternativ - ein Steuersignal 52 zum automatischen Abschalten der Vibrationserregers 7 sendet, um den Verdichtungs Vorgang zu beenden.

[0057] An der Ausgabevorrichtung 50 ist weiterhin ein Bedienfeld 53 vorgesehen, das anhand von Fig. 2 näher erläutert wird.

[0058] Fig. 2 zeigt dementsprechend in schematischer Darstellung ein Beispiel für ein Bedienfeld 53. Das Bedienfeld 53 kann z.B. in Form einer Benutzeroberfläche eines Tablets verwirklicht werden. Dabei können beliebige Anzeigen dargestellt werden. Ebenso ist es möglich, durch Berühren einzelner Elemente Schaltfunktionen auszulösen.

[0059] Auf dem Bedienfeld 53 wird symbolhaft ein Rütteltisch 54 als Teil einer Vibrationsvorrichtung 4 dargestellt, mit einer symbolhaften Darstellung von mehreren Vibrationserregern 7, hier in Form von Kreisen.

[0060] Auf dem Rütteltisch 54 ist - ebenfalls symbolhaft - eine Bauteilform 5 aufgebracht. Dabei ist erkennbar, dass die Bauteilform 5 erheblich kleiner als der Rütteltisch 54 ist und nur einen Teil der Vibrationserregers 7 bedeckt. Dementsprechend macht es Sinn, auch nur diejenigen Vibrationserregers 7 zu aktivieren, die im Wirkbereich der Bauteilform 5 angeordnet sind und überhaupt einen Beitrag zur Verdichtung des Betons in der Bauteilform 5 leisten können.

[0061] Die aktivierten Vibrationserregers 7 können in anderer Weise, z.B. durch eine andere Farbe dargestellt werden, als die nicht aktivierten Vibrationserregers 7. In Fig. 2 sind diese aktivierten Vibrationserregers 7 schraffiert dargestellt. Die nicht schraffiert dargestellten Vibrationserregers 7 sind dementsprechend nicht aktiviert und leisten keinen Beitrag zur Verdichtung des Bauteils.

[0062] Dabei ist es auch möglich, durch Bedienen eines entsprechenden Feldes auf dem Bedienfeld 53 (z.B. Tablet) einen einzelnen Vibrationserregers ein- oder auszuschalten (Touch Screen). Bereits diese Maßnahme hat Einfluss auf den Verdichtungsfortschritt, der in der weiter unten beschriebenen Anzeige 63 gezeigt wird.

[0063] Auf dem Bedienfeld sind weitere Anzeigen dargestellt, nämlich eine Anzeige 55 für die Frischbeton-Konsistenz, eine Anzeige 56 für den Wasser/Zementwert und eine Anzeige 57 für die Bauteilhöhe (z.B. in cm). Eine Anzeige 58 dient zur Angabe der Vibrationsfrequenz (z.B. in Hz). Zudem können virtuelle Schalter 59 vorgesehen sein, die durch Betätigen des Touch Screens auf dem Bedienfeld 53 betätigt werden können.

[0064] Eine Anzeige 60 dient zum Anzeigen der Zeitdauer des Vibrationsprozesses (z.B. in sec). In einer An-

zeige 61 kann die Stromaufnahme der Vibrationserregers 7 angezeigt werden (z.B. in A). In einer Anzeige 62 wird die Vibrationsstärke angegeben (z.B. in der Einheit mm/s).

[0065] Eine Anzeige 63 kann schließlich dazu dienen, den Verdichtungsfortschritt, z.B. in %, anzugeben. Im gezeigten Beispiel wird ein Verdichtungsfortschritt von 108 % angegeben, so dass der Bediener die Information erhält, dass die geforderte Verdichtung von 100 % bereits erreicht bzw. übertroffen wurde. Der Bediener kann daraufhin die Vibrationserregers 7 abschalten, z.B. durch Betätigen eines der Schalter 59 und den Fertigungsprozess beenden. Im Fall einer automatischen Steuerung bzw. Regelung kann die Ausgabevorrichtung 50 das Steuersignal 52, um die Vibrationserregers 7 abzuschalten.

[0066] Die auf diesen Anzeigen 55-58 sowie 60-63 gezeigten Werte können durch die Prozessdatenerfassungsvorrichtung, z.B. das Sensornetzwerk 6, insbesondere automatisch ermittelt und bereitgestellt werden. Sie können auch in geeigneter Weise manuell durch den Bediener der Anlage oder durch eine andere Instanz, z.B. den Hersteller oder die Leitung eines Betonteilewerks, eingegeben werden. Ebenso ist es möglich, diese Daten in Form von Kategorien zu hinterlegen, die der Bediener je nach Einsatzfall auswählen kann.

[0067] Ein Teil der Werte kann auch das Ergebnis interner Berechnungen, z.B. der Analysevorrichtung 30 in Verbindung mit der Aufzeichnungsvorrichtung 10 und dem Simulations-Modell 20, sein. Dies gilt vor allem für den Verdichtungsfortschritt in der Anzeige 63.

[0068] Das Bedienfeld 53 in Fig. 2 soll nur beispielhaft die Möglichkeit zeigen, wie Prozessdaten dargestellt und/oder eingegeben und/oder ermittelt bzw. gemessen werden können. Selbstverständlich sind auch andere Möglichkeiten denkbar, um dem Bediener einerseits die Steuerung der Anlage zu ermöglichen und um ihn andererseits über die Prozessparameter zu informieren.

Patentansprüche

1. Betonverdichtungssystem zum Verdichten von Betonteilen im Rahmen eines Betonverdichtungsprozesses, mit

- einer Bauteilform (5) zum Aufnehmen von fließfähigem Beton;
- einer mit der Bauteilform (5) gekoppelten Vibrationsvorrichtung (4, 7) zum Erzeugen von in die Bauteilform (5) einleitbaren Vibrationen;
- einer Prozessdatenerfassungsvorrichtung (6) zum Erfassen von realen Prozessdaten, die zu wenigstens einem Prozessparameter gehören, wobei die Prozessdatenerfassungsvorrichtung (6) eine manuelle Eingabevorrichtung zum manuellen Eingeben von Prozessdaten durch einen Benutzer und/oder eine automatisierte Er-

- fassungsvorrichtung zum automatisierten Erfassen von Prozessdaten aufweist;
- einem digitalen Modell (20), in dem für wenigstens einen Prozessparameter virtuelle Prozessdaten in Relation zu einem idealisierten Verdichtungsfortschritt hinterlegt sind; und mit
 - einer Analysevorrichtung (30) zum Vergleichen der durch die Prozessdatenerfassungsvorrichtung erfassten realen Prozessdaten mit den virtuellen Prozessdaten und damit zum Bestimmen eines realen Verdichtungsfortschritts aus dem idealisierten Verdichtungsfortschritt.
- 2.** Betonverdichtungssystem nach Anspruch 1, wobei die virtuellen Prozessdaten des digitalen Modells (20) durch Versuche und Messungen an realen Verdichtungsprozessen bestimmbar sind.
- 3.** Betonverdichtungssystem nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Prozessparameter ausgewählt sind aus der Gruppe:
- Bauteilgeometrie
 - Bauteilgrundfläche
 - Bauteilvolumen
 - Position der Bauteilform (5) auf der Vibrationsvorrichtung (4)
 - Bewehrungsgrad
 - Frischbeton-Konsistenz
 - Wasser/Zement-Wert
 - Vibrationsstärke
 - Vibrationsamplitude
 - Vibrationsfrequenz
 - Stromaufnahme der Vibrationsvorrichtung (4)
 - Ort bzw. Orte des Vibrationseintrags durch die Vibrationsvorrichtung (4).
- 4.** Betonverdichtungssystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei eine Aufzeichnungsvorrichtung (10) vorgesehen ist, zum Aufzeichnen von wenigstens einem Teil der Prozessdaten.
- 5.** Betonverdichtungssystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei eine Ausgabevorrichtung (50) vorgesehen ist, zum Ausgeben von Information, ausgewählt aus der Gruppe:
- Verdichtungsgrad
 - Verdichtungsfortschritt
 - Verdichtungsfortschrittgeschwindigkeit
 - Prozessdaten zu wenigstens einem der Prozessparameter
 - Akustiksignal
 - akustisches und/oder optisches Signal als Hinweis zum Abschalten der Vibrationsvorrichtung (4)
 - Steuerbefehl (52) zum Steuern eines Prozessparameters
- Ausschalt-Steuerbefehl zum Ausschalten der Vibrationsvorrichtung (4).
- 6.** Betonverdichtungssystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei eine Regelungsvorrichtung vorgesehen ist, zum Vergleichen des realen Verdichtungsfortschritts mit einem vorbestimmten Grenz-Verdichtungsfortschritt und zum Erzeugen eines Ausschalt-Steuerbefehls, wenn der reale Verdichtungsfortschritt größer oder gleich dem Grenz-Verdichtungsfortschritt ist.
- 7.** Betonverdichtungssystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei
- die Prozessdatenerfassungsvorrichtung eine Sensorvorrichtung (6) aufweist, zum Erfassen von wenigstens einem Vibrationsparameter an der Bauteilform (5); und wobei
 - der Vibrationsparameter als ein Prozessparameter dient.
- 8.** Betonverdichtungssystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Vibrationsvorrichtung (4) mehrere Vibrationserreger (7) aufweist, die einzeln oder in Gruppen aktivierbar und deaktivierbar sind.
- 9.** Betonverdichtungssystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei eine Steuervorrichtung vorgesehen ist, zum Steuern von wenigstens einer Funktion, ausgewählt aus der Gruppe:
- Ausschalten der gesamten Vibrationsvorrichtung (4)
 - individuelles Ein- und Ausschalten von einzelnen Vibrationserregern (7) der Vibrationsvorrichtung (4)
 - Verändern der Vibrationsfrequenz
 - Verändern der Rüttlerunwucht.
- 10.** Verfahren zum Erreichen einer ausreichenden Verdichtung eines Betonbauteils in einem Betonverdichtungsprozess, mit den Schritten:
- Befüllen einer Bauteilform (5) mit fließfähigem Beton;
 - Rütteln der Bauteilform (5);
 - Erfassen von realen Prozessdaten zu wenigstens einem Prozessparameter;
 - Analysieren der realen Prozessdaten im Verhältnis zu einem idealisierten Verdichtungsfortschritt in einem digitalen Modell (20) und Ableiten eines realen Verdichtungsfortschritts aufgrund der realen Prozessdaten, wobei in dem digitalen Modell vorab gemessene Prozessdaten und Verdichtungsfortschritte für Betonteile hinterlegt worden sind;

- Ausgeben einer Information zum dem realen Verdichtungsfortschritt.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

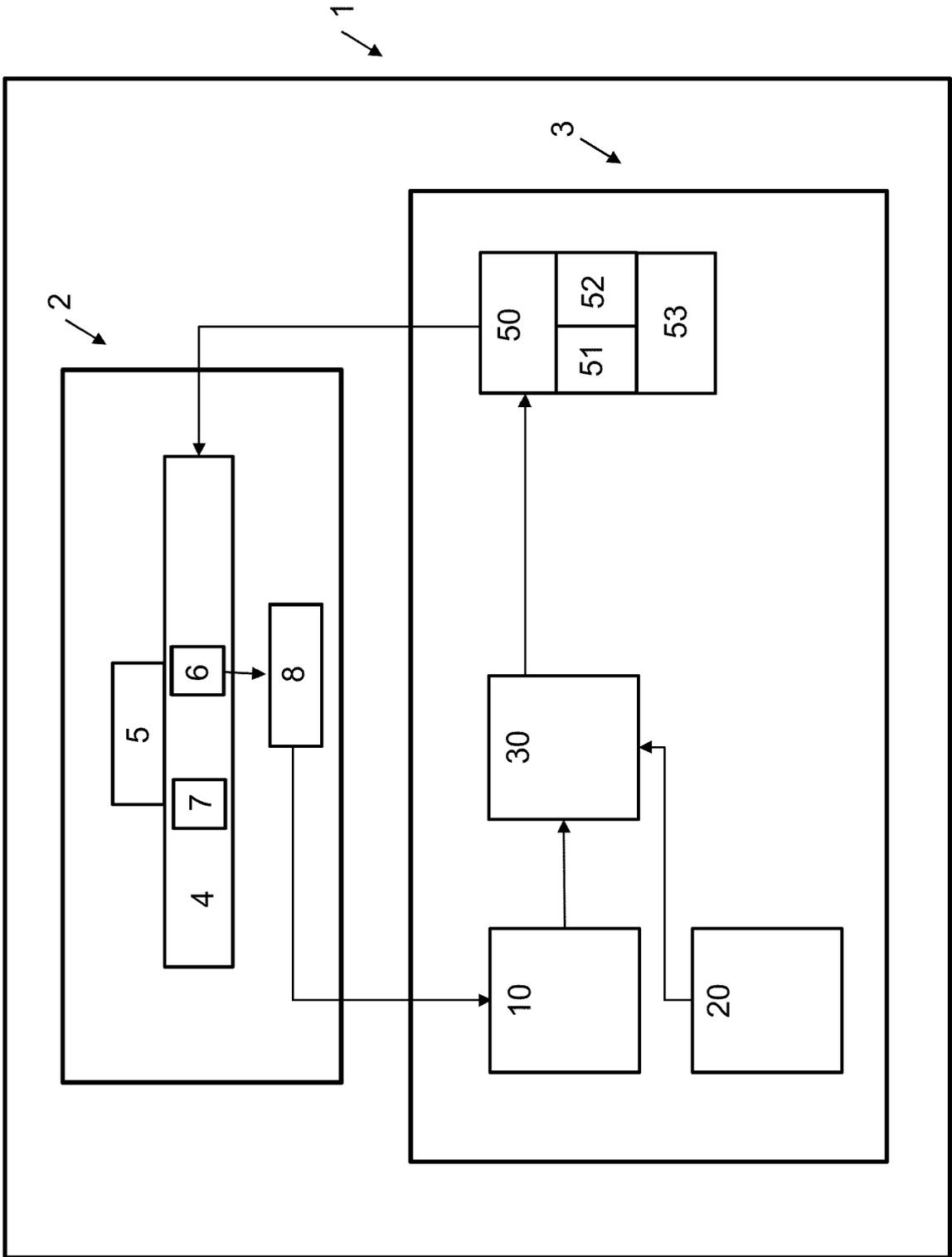


Fig. 1

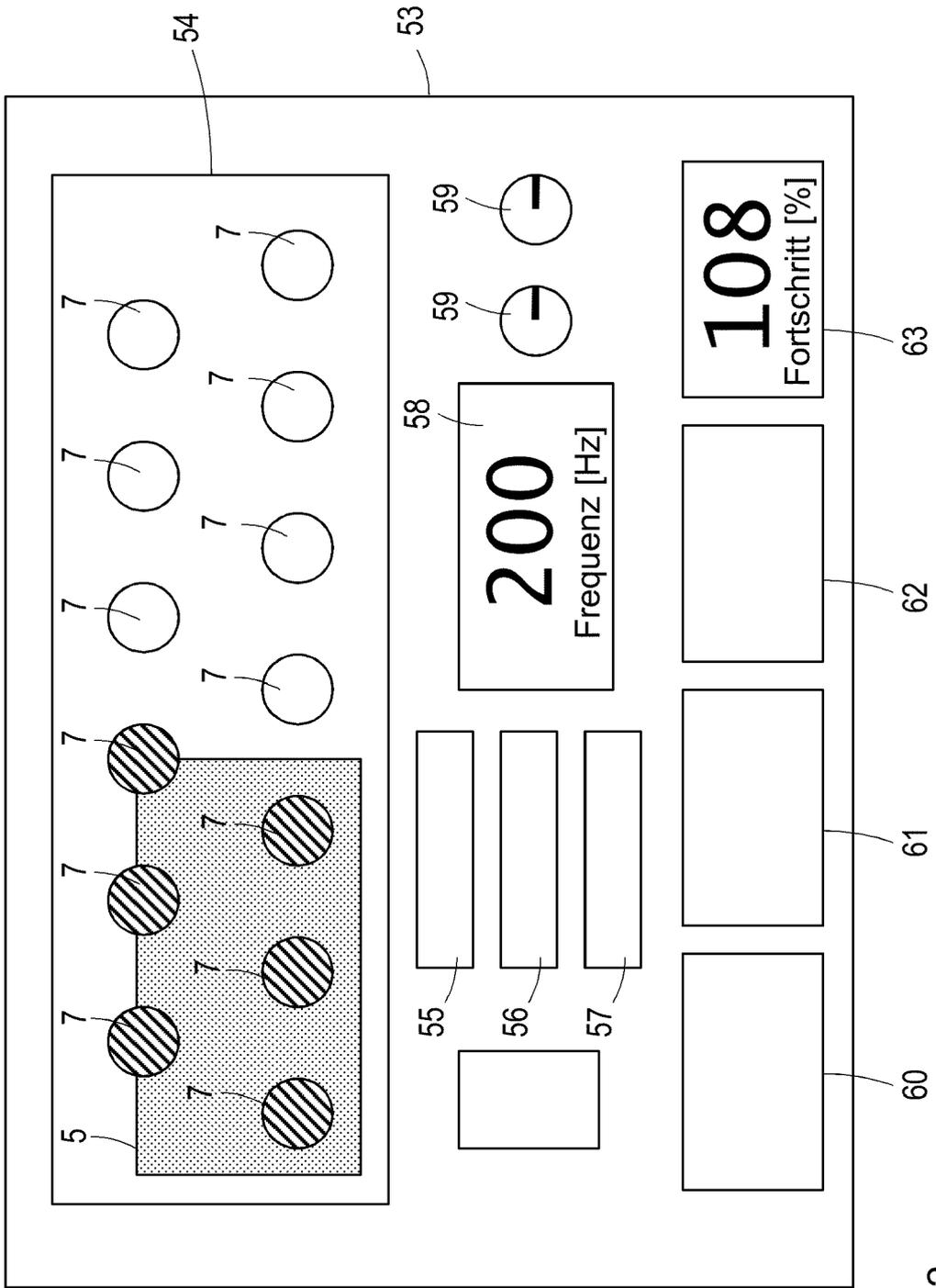


Fig. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 15 3484

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 196 11 066 A1 (BALD HUBERT [DE]) 26. September 1996 (1996-09-26) * Abbildung 1 * * Anspruch 1 *	1-10	INV. B28B1/087 B28B17/00 B30B11/00 B30B11/02
X	WO 2018/087221 A1 (WINDMOLDERS BETON N V [BE]) 17. Mai 2018 (2018-05-17) * Abbildungen 1-7 * * Seite 8, Zeile 7 - Seite 10, Zeile 2 *	1-6, 8-10	B30B15/26 E04G21/06 G01N33/38
X	CN 108 284 507 A (SINOHYDRO BUREAU 7 CO LTD) 17. Juli 2018 (2018-07-17) * Absätze [0022] - [0035] *	1-10	
X	CN 205 497 740 U (HENAN DINGLI POLE TOWER CO LTD) 24. August 2016 (2016-08-24) * Abbildungen 1,2 * * Absätze [0027] - [0034] *	1-10	
X	CN 107 042 579 A (HAO KEYONG) 15. August 2017 (2017-08-15) * Abbildung 1 * * Ansprüche 1,5,10 *	1-10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B28B B30B E04G G01N
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlussdatum der Recherche 30. Juni 2022	Prüfer Voltz, Eric
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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04/C03)

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

EP 22 15 3484

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

30-06-2022

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19611066 A1	26-09-1996	DE 19611066 A1	26-09-1996
		DE 19611068 A1	26-09-1996
WO 2018087221 A1	17-05-2018	EP 3538333 A1	18-09-2019
		WO 2018087221 A1	17-05-2018
CN 108284507 A	17-07-2018	KEINE	
CN 205497740 U	24-08-2016	KEINE	
CN 107042579 A	15-08-2017	KEINE	

EPO FORM P0461

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