



(11) **EP 4 450 284 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
23.10.2024 Patentblatt 2024/43

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B41F 13/08 ^(2006.01) **B41F 13/20** ^(2006.01)
B41F 33/00 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **24170822.1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B41F 13/085; B41F 13/20; B41F 33/00

(22) Anmeldetag: **17.04.2024**

(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: **Avanco GmbH**
32052 Herford (DE)

(72) Erfinder: **Wuensche, Marc**
32758 Detmold (DE)

(74) Vertreter: **Bittner, Thomas L.**
Boehmert & Boehmert
Anwaltpartnerschaft mbB
Pettenkoferstrasse 22
80336 München (DE)

(30) Priorität: **19.04.2023 DE 102023109894**
05.07.2023 DE 102023117714

(54) **VERFAHREN ZUM BESTIMMEN VON OPTIMIERTEN DRUCKPARAMETERN FÜR MINDESTENS EIN DRUCKWERK EINER ROTATIONSDRUCKMASCHINE UND COMPUTERPROGRAMMPRODUKT**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen mindestens eines optimierten Druckparameters für mindestens eines der Druckwerke einer Rotationsdruckmaschine (1) mittels einer Datenverarbeitungseinrichtung, wobei ein oder mehrere Prozessoren der Datenverarbeitungseinrichtung für Folgendes eingerichtet sind: Bereitstellen von Maschinenkomponentendaten, die Eigenfrequenzen von im Betrieb schwingungsfähigen Maschinenkomponenten mindestens eines Druckwerkes anzeigen; Bestimmen eines Resonanzspektrums des mindestens einen Druckwerkes mit den Maschinenkomponenten ausgehend von den bestimmten Eigenfrequenzen sowie eines motivabhängigen Erregerkreisfrequenzspektrums und unter Berücksichtigung wenigstens eines Druckparameters; und Bestimmen von

wenigstens einem optimierten Druckbereich (80), dem ein Frequenzbereich außerhalb von Eigenfrequenzen des mindestens einen Druckwerkes sowie außerhalb von Maxima des motivabhängigen Erregerkreisfrequenzspektrums und der wenigstens eine Druckparameter für das Druckwerk zugeordnet sind; wobei der wenigstens eine Druckparameter aus der folgenden Gruppe ausgewählt ist: eine Druckgeschwindigkeit, Druckzylinder, Druckadapter, Druckformen eines zu druckenden Druckbildes, eine oder mehrere Eigenfrequenzen zumindest einer der Maschinenkomponenten, Lagersteifigkeit zumindest einer der Maschinenkomponenten in dem Druckwerk und Koppelsteifigkeit zumindest einer der Maschinenkomponenten in dem Druckwerk. Ferner ist ein Computerprogrammprodukt offenbart. (Fig. 8B)

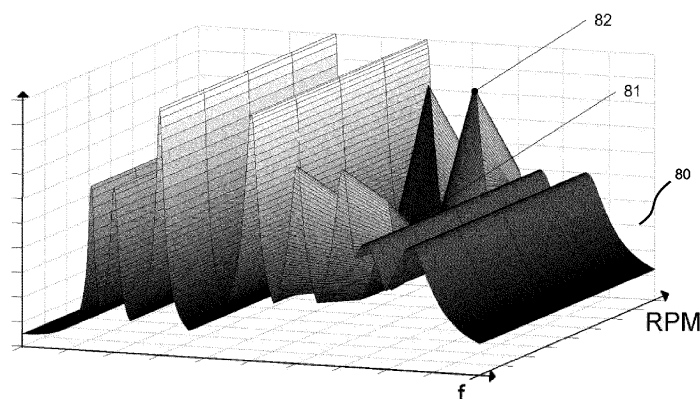


Fig. 8B

EP 4 450 284 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen von optimierten Druckparametern für mindestens ein Druckwerk einer Rotationsdruckmaschine sowie ein Computerprogrammprodukt.

Hintergrund

[0002] Rotationsdruckmaschinen dienen dazu, ein Substrat mit einem gewünschten Motiv oder Bild zu bedrucken. Hierzu weisen Rotationsdruckmaschinen eine Abwickel- und eine Aufwickelstation des zu bedruckenden Substrats auf. Als Substrat kann beispielsweise Papier, Folie oder ein ähnliches Material verwendet werden. Rotationsdruckmaschinen unterscheiden sich in ihrer Anordnung von Druckwerken entlang des Materialflusses zwischen der Abwickel- und der Aufwickelstation, wobei die Anordnung der Druckwerke zum Beispiel einer Reihenbauweise oder eine Satelliten- oder Zentralzylinderbauweise entsprechend ausgeführt sein kann. Mithilfe einer Rotationsdruckmaschine sind die folgenden Hauptdruckverfahren ausführbar: Hoch-, Tief- und Flachdruck.

[0003] Ein Druckwerk einer Rotationsdruckmaschine besteht in der Regel aus einer Rakelkammer, einer Rasterwalze, einem Druckzylinder (je nach Druckverfahren auch Trägerstange oder Formatzylinder genannt), einem Druckadapter, einem Drucksleeve (oder auch Montage-Sleeve, Plate-Mounting-Sleeve, u.a.), einem Druckbild sowie einem Gegendruckzylinder. Die Maschinenkomponenten einer solchen Rotationsdruckmaschine weisen spezifische Eigenfrequenzen erster und höherer Ordnungen auf, die einen Einfluss auf den Druckbetrieb haben.

[0004] Im Dokument EP 3 822 080 A1 sind ein Verfahren zum Ermitteln von Druckparametern einer Druckmaschine sowie ein Teststand offenbart. Das Verfahren zum Ermitteln der Druckparameter einer Druckmaschine, insbesondere einer Flexodruckmaschine sieht vor, dass zunächst eine Druckform bereitgestellt und auf einen Druckzylinder montiert wird. Dann wird wenigstens ein hochaufgelöstes Bild der Oberfläche der Druckform mittels einer 3D-Kamera aufgenommen. Anhand des wenigstens einen hochaufgelösten Bildes wird ein Höhenprofil der Druckform ermittelt. Daraufhin wird ein simuliertes Druckbild anhand des Höhenprofils und eines Ausgangssatzes von Druckparametern berechnet. Schließlich werden optimierte Druckparameter mittels Überprüfen und / oder Variieren der Druckparameter des Ausgangssatzes ermittelt. Hierzu wird nach Variation der Druckparameter erneut ein simuliertes Druckbild berechnet. Das Verfahren kann mithilfe eines Teststands durchgeführt werden. Dieser Stand der Technik beschreibt, wie das Höhenprofil einer bereits existierenden Druckform bzw. eines aus Druckformen zusammengesetzten Druckbilds mittels einer 3D-Kamera ermittelt werden kann, um daraufhin ein simuliertes Druckbild anhand des

erfassten Höhenprofils zu berechnen.

Zusammenfassung

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Bestimmen eines optimierten Druckparameters für mindestens ein Druckwerk einer Rotationsdruckmaschine mittels einer Datenverarbeitungseinrichtung sowie ein Computerprogrammprodukt anzugeben, mit denen für den effizienten Betrieb der Druckmaschine optimierter Druckparameter bestimmt werden.

[0006] Zur Lösung ist ein Verfahren zum Bestimmen von optimierten Druckparametern für mindestens ein Druckwerk einer Rotationsdruckmaschine mittels einer Datenverarbeitungseinrichtung gemäß dem unabhängigen Anspruch 1 geschaffen. Weiterhin ist ein Computerprogrammprodukt nach Anspruch 11 vorgesehen. Ausgestaltungen sind Gegenstand von abhängigen Unteransprüchen.

[0007] Nach einem Aspekt ist ein Verfahren zum Bestimmen eines optimierten Druckparameters für mindestens eines der Druckwerke einer Rotationsdruckmaschine mittels einer Datenverarbeitungseinrichtung geschaffen, wobei ein oder mehrere Prozessoren der Datenverarbeitungseinrichtung für Folgendes eingerichtet sind: Bereitstellen von Maschinenkomponentendaten, die Eigenfrequenzen von im Betrieb schwingungsfähigen Maschinenkomponenten mindestens eines Druckwerkes anzeigen; Bestimmen eines Resonanzspektrums des mindestens einen Druckwerkes mit den Maschinenkomponenten ausgehend von den bestimmten Eigenfrequenzen sowie eines motivabhängigen Erregerkreisfrequenzspektrums und unter Berücksichtigung wenigstens eines Druckparameters; und Bestimmen von wenigstens einem optimierten Druckbereich, dem ein Frequenzbereich außerhalb von Eigenfrequenzen des mindestens einen Druckwerkes sowie außerhalb von Maxima des motivabhängigen Erregerkreisfrequenzspektrums und der wenigstens eine Druckparameter für das Druckwerk zugeordnet sind (z. B.: Bestimmen von wenigstens einem optimierten Druckbereich, dem ein Frequenzbereich außerhalb von Maxima des Resonanzspektrums zugeordnet ist). Der wenigstens eine Druckparameter ist aus der folgenden Gruppe ausgewählt: eine Druckgeschwindigkeit, Druckzylinder (oder auch Trägerstange), Druckadapter, Druckformen eines zu druckenden Druckbildes, eine oder mehrere Eigenfrequenzen zumindest einer der Maschinenkomponenten, Lagersteifigkeit zumindest einer der Maschinenkomponenten in dem Druckwerk und Koppelsteifigkeit zumindest einer der Maschinenkomponenten in dem Druckwerk.

[0008] Nach einem weiteren Aspekt ist ein Computerprogrammprodukt geschaffen, welches ein Programm mit Befehlen aufweist, die bei einer Ausführung des Programms auf einem Computer diesen dazu veranlassen, das Verfahren zum Bestimmen von optimierten Druckparametern für mindestens ein Druckwerk einer Rotati-

onsdruckmaschine auszuführen.

[0009] Das Resonanzspektrum des mindestens einen Druckwerkes kann druckwerks- und / oder druckgeschwindigkeitsabhängig sein. Das Resonanzspektrum des mindestens einen Druckwerkes kann die Eigenfrequenzen des mindestens einen Druckwerkes sowie Maxima des motivabhängigen Erregerkreisfrequenzspektrums umfassen und / oder anzeigen. Ein Gesamtresonanzspektrum (eine Gesamtresonanz) der Rotationsdruckmaschine kann mindestens ein Resonanzspektrum des mindestens einen zugehörigen Druckwerkes umfassen und / oder anzeigen.

[0010] Um für den Betrieb eines Druckwerkes einer Rotationsdruckmaschine einen oder mehrere optimierte Druck- bzw. Betriebsparameter zu bestimmen, ist vorgesehen, dass für Maschinenkomponenten des Druckwerkes, die in Betrieb schwingungsfähig sind, Maschinenkomponentendaten bereitzustellen, welche Eigenfrequenzen für die möglichen Schwingungen der Maschinenkomponenten anzeigen. Unter Verwendung der Maschinenkomponentendaten wird bei dem Verfahren ein (druckwerks- und / oder druckgeschwindigkeitsabhängiges(r)) Resonanzspektrum / Resonanzbereich mindestens eines Druckwerkes mit den im Betrieb schwingungsfähigen Maschinenkomponenten sowie eines motivabhängigen Erregerkreisfrequenzspektrums bestimmt. Dieses ergibt sich für das Druckwerk mit ihren Maschinenkomponenten. In dem Resonanzspektrum des Druckwerks werden ein oder mehrere optimierte Druckbereiche bestimmt, die in Frequenzbereichen außerhalb der Eigenfrequenzen des Druckwerks und außerhalb von Maxima des motivabhängigen Erregerkreisfrequenzspektrums liegen. Es kann eine (druckgeschwindigkeitsabhängige) Gesamtresonanz einer Rotationsdruckmaschine bestimmt werden, wobei die (druckgeschwindigkeitsabhängige) Gesamtresonanz der Rotationsdruckmaschine durch (druckwerks- und druckgeschwindigkeitsabhängige) Resonanzbereiche der einzelnen Druckwerke zusammengesetzt ist. Zudem wird wenigstens ein optimierter Druckbereich bestimmt, der in Frequenzbereichen außerhalb der Eigenfrequenzen des Druckwerkes sowie außerhalb von Maxima der Gesamtresonanz der Rotationsdruckmaschine liegt.

[0011] Dem einen oder den mehreren Druckbereichen ist jeweils wenigstens ein Druckparameter für das Druckwerk zugeordnet, der für oder im Betrieb des Druckwerkes bereitgestellt oder eingestellt werden kann, sodass das jeweilige Druckwerk auf diese Weise in dem oder den mehreren optimierten Druckbereichen zum Bedrucken eines Substrats betrieben werden kann. Der wenigstens eine Druckparameter, welcher dem zumindest einen optimierten Druckbereich zugeordnet ist, ist aus der folgenden Gruppe ausgewählt: Druckgeschwindigkeit beim Betrieb der Rotationsdruckmaschine, Druckzylinder, Druckadapter, Druckformen eines zu druckenden Druckbilds, eine oder mehrere Eigenfrequenzen zumindest einer der Maschinenkomponenten, Lagersteifigkeit zumindest einer der Maschinenkomponenten in dem

Druckwerk und Koppelsteifigkeit zumindest einer der Maschinenkomponenten in dem Druckwerk.

[0012] Dem optimierten Druckbereich, welcher in dem ermittelten oder bestimmten Resonanzspektrum des mindestens einen Druckwerks bzw. der ermittelten oder bestimmten Gesamtresonanz der Rotationsdruckmaschine im Wesentlichen außerhalb von Eigenfrequenzen des Druckwerkes liegt, kann ein einzelner Druckparameter oder eine Kombination von Druckparametern zugeordnet sein. Auf diese Weise ist eine Zuordnung zwischen einem oder mehreren optimierten Druckbereichen, die in dem Resonanzspektrum des mindestens einen Druckwerks bzw. der Gesamtresonanz der Rotationsdruckmaschine im Wesentlichen außerhalb der Eigenfrequenzen des Druckwerkes liegen, einerseits und einem oder mehreren Druckparametern bereitgestellt, die für den Aufbau und / oder den Betrieb des gewählt werden können, um ein optimiertes Druckbild beim Bedrucken eines Substrats zu erreichen. Schwingungen des mindestens einen Druckwerks bzw. der Rotationsdruckmaschine im Bereich von Eigenfrequenzen werden minimiert oder ganz vermieden.

[0013] Während des Bestimmens des optimierten Druckbereiches kann der wenigstens eine Druckparameter einmal oder mehrmals variiert oder geändert werden, um hierauf wiederholend das Resonanzspektrum des mindestens einen Druckwerks bzw. die Gesamtresonanz der Rotationsdruckmaschine erneut zu bestimmen. Auf diese Weise kann ein iterativer Prozess ausgeführt werden, um schließlich in der Gesamtresonanz der Rotationsdruckmaschine den einen oder mehreren optimierten Druckbereich zu bestimmen.

[0014] Die Maschinenkomponentendaten können wenigstens teilweise mittels einer datentechnischen Simulation für eine oder mehrere der Maschinenkomponenten berechnet werden. Hierbei ist vorgesehen, zum Bestimmen der Maschinenkomponentendaten ein Simulationsverfahren zu verwenden, um die Eigenfrequenzen einer oder mehrerer Maschinenkomponenten zu bestimmen. Derartige Simulationsverfahren zum Berechnen von Eigenfrequenzen für schwingungsfähige Maschinenbauteile oder -komponenten sind als solche in unterschiedlichen Ausführungsformen bekannt. Wenn entsprechende Systemmatrizen zur Beschreibung des Systems definiert werden, können fast alle Finite-Elemente basierten Strukturanalyseprogramme wie FEM oder FEA sowie Matrizenberechnungstools/-soffiniare zur Lösung verwendet werden. Besonders erwähnenswert in Bezug auf rotierenden Strukturen ist auf das Fachbuch "Dynamics of Rotation System" von Giancarlo Genta hinzuweisen.

[0015] Die Maschinenkomponentendaten können wenigstens teilweise mittels einer Messung für eine oder mehrere der Maschinenkomponenten gemessen werden. Diese Ausgestaltung sieht vor, für eine oder mehrere der Maschinenkomponenten die Eigenfrequenzen messtechnisch oder experimentell zu bestimmen. Derartige Messverfahren sind als solche in unterschiedlichen Ausführungsformen bekannt. Beispielsweise ist

hierbei vorgesehen, die Maschinenkomponente mittels einer Stoßanregung zum Schwingen anzuregen, um hierauf die Schwingungsantwort der untersuchten Maschinenkomponente zu messen und zu analysieren, insbesondere zum Bestimmen der Eigenfrequenzen. Auf konkrete Publikationen zum Stand der Technik wird hierbei auf die Wissensdatenbank von Brüel & Kjaer verwiesen, worin derartige Messverfahren für Maschinenkomponenten oder -bauteile beschrieben werden.

[0016] Es können Maschinenkomponentendaten bereitgestellt werden, die für die im Betrieb schwingungsfähigen Maschinenkomponenten der Rotationsdruckmaschine jeweils zumindest eine die folgenden Eigenfrequenzen anzeigen: Eigenfrequenz erster Ordnung und / oder Eigenfrequenz(en) höherer Ordnung. Die Eigenfrequenzen höherer Ordnung können zweiter, dritter oder höherer Ordnung sein. Zudem sind niedrige Moden relevanter als höhere Moden.

[0017] Das (druckwerks- und druckgeschwindigkeitsabhängige) Resonanzspektrum des jeweiligen Druckwerkes kann zumindest eine die folgenden Eigenfrequenzen des Druckwerkes aufweisend bestimmt werden: Eigenfrequenz erster Ordnung und / oder Eigenfrequenz höherer Ordnung.

[0018] Es können Steuersignale bereitgestellt werden, die eingerichtet sind, die Rotationsdruckmaschine in dem Frequenzbereich außerhalb der Eigenfrequenzen des mindestens einen Druckwerkes sowie außerhalb der Maxima des motivabhängigen Erregerkreisfrequenzspektrums und dem wenigstens einen Druckparameter entsprechend im Druckbetrieb zu steuern, wobei die Steuersignale die Druckgeschwindigkeit, die Lagersteifigkeit der zumindest einen der Maschinenkomponente und / oder die Koppelsteifigkeit der zumindest einen der Maschinenkomponenten steuern.

[0019] Die Steuersignale können von einer Steuereinrichtung der Rotationsdruckmaschine empfangen werden, und die Rotationsdruckmaschine kann im Druckbetrieb den Steuersignalen entsprechend gesteuert werden. Hierdurch ist ein Verfahren zum Ausführen eines Druckbetriebs zum Bedrucken eines Substrates mittels des Druckwerkes in der Rotationsdruckmaschine, insbesondere einer Flexodruckmaschine geschaffen, bei dem die Rotationsdruckmaschine entsprechend den empfangenen Steuersignalen, welche ihrerseits zuvor nach dem Bestimmen des zumindest einen Druckparameters erzeugt wurden, gesteuert wird.

[0020] Es können Maschinenkomponentendaten bereitgestellt werden, die Eigenfrequenzen wenigstens einer Baugruppe aus Maschinenkomponenten des Druckwerkes anzeigen. In Ergänzung zu den Eigenfrequenzen der wenigstens einen Maschinenkomponente umfassen die Maschinenkomponentendaten bei dieser Ausgestaltung elektronische Informationen betreffend Eigenfrequenzen zumindest einer Baugruppe aus mehreren Maschinenkomponenten des Druckwerkes. Beim Bestimmen der Gesamtresonanz der Rotationsdruckmaschine werden so Maschinenkomponentendaten betreffend

die Eigenfrequenzen wenigstens einer Maschinenkomponente sowie Maschinenkomponentendaten betreffend Eigenfrequenzen zumindest einer Baugruppe aus Maschinenkomponenten berücksichtigt. Im Zusammenhang mit der Baugruppe können beispielsweise Koppungs- oder Verbindungssteifigkeiten zwischen Maschinenkomponenten der Baugruppe beim Bestimmen der Eigenfrequenzen berücksichtigt werden.

[0021] Es können Maschinenkomponentendaten bereitgestellt werden, die Eigenfrequenzen einer oder mehrerer Maschinenkomponenten des Druckwerkes aus der folgenden Gruppe anzeigen: Druckzylinder wie Zentraldruckzylinder und Gegendruckzylinder, Trägerstange, Druckadapter, Drucksleeve, Druckform, Druckbild, Rastersleeve, Rasterwalze und Rastersleeveträgerstange.

[0022] So kann eine Rotationsdruckmaschine, insbesondere eine Flexodruckmaschine bereitgestellt werden, die dem wenigstens einen Druckparameter entsprechend ausgeführt ist oder betrieben werden kann, welcher mithilfe des Verfahrens zum Bestimmen von einem oder mehreren Druckparametern für die Rotationsdruckmaschine ermittelt wurde. Beispielsweise ist es so ermöglicht, beim Aufbau der Rotationsdruckmaschine Lager- und / oder Koppelsteifigkeiten für Maschinenkomponenten bereitzustellen, die der Implementierung des wenigstens einen Druckparameters bei der Rotationsdruckmaschine genügen. Alternativ oder ergänzend können Druckformen dahingehend ausgestaltet werden, dass der Betrieb der Rotationsdruckmaschine in wenigstens einem optimierten Druckbereich ermöglicht ist. Im Betrieb kann alternativ oder ergänzend die Druckgeschwindigkeit so eingestellt werden, dass die Rotationsdruckmaschine im optimierten Druckbereich betrieben wird.

[0023] Die Maschinekomponentendaten können zumindest teilweise in einer Datenbank hinterlegt sein, um diese für das Verfahren dann auszulesen und zu verwenden. Ergänzend können neben den die Eigenfrequenzen anzeigenden Maschinekomponentendaten weitere Daten in der Datenbank hinterlegt sein, die prozessbezogene Komponenten, deren Koppelsteifigkeiten und / oder Informationen über eine gezielte Einflussnahme auf diese sowie die jeweilige Berücksichtigung der Erregerkreisfrequenz der Druckbilder (motivabhängige Erregerkreisfrequenz) und der gezielten Einflussnahme der Druckformen zueinander zur Optimierungszwecken zu einem Resonanzspektrum des mindestens einen Druckwerkes bzw. einer Gesamtresonanz der Rotationsdruckmaschine anzeigen.

[0024] Der eine oder die mehreren Prozessoren der Datenverarbeitungseinrichtung können weiter für Folgendes eingerichtet sein: Bestimmen einer Gesamtresonanz der Rotationsdruckmaschine, wobei die Gesamtresonanz der Rotationsdruckmaschine mittels der Resonanzspektren der Druckwerke ermittelt wird; und Bestimmen des wenigstens einen optimierten Druckbereiches, wobei der diesem Druckbereich zugeordnete Frequenzbereich außerdem außerhalb von Maxima der Gesam-

tresonanz der Rotationsdruckmaschine liegt.

Beschreibung von Ausführungsbeispielen

[0025] Im Folgenden werden weitere Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf Figuren einer Zeichnung erläutert. Hierbei zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Rotationsdruckmaschine mit Druckwerken in Satelliten- oder Zentralzylinderbauweise;
- Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Rotationsdruckmaschine mit Druckwerken in Reihenbauweise;
- Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Aufbaus eines Druckwerkes innerhalb einer Rotationsdruckmaschine;
- Fig. 4 eine schematische und vereinfachte Darstellung eines Farbwerkes als fremderregtes Feder-Masse-Dämpfer-Modell;
- Fig. 5 eine schematische Darstellung einer Baugruppe mit Druckbild, welches eine Erregerkreisfrequenz auf das Gesamtsystem einfließen lässt;
- Fig. 6A und 6B eine schematische Darstellung zur Zusammenlegung von erfassten Eigenfrequenzen von einzelnen Maschinenkomponenten sowie eines motivabhängigen Erregerkreisfrequenzspektrums innerhalb eines Druckwerkes zu einem Resonanzspektrum eines Druckwerkes;
- Fig. 7A und 7B eine schematische Darstellung zur Zusammenlegung von Resonanzbereichen zu einer Gesamtresonanz der Rotationsdruckmaschine;
- Fig. 8A und 8B eine schematische Darstellung der ermittelten Gesamtresonanz der Rotationsdruckmaschine mit optimierten (günstigen) und nicht optimierten (ungünstigen) Druckbereichen;
- Fig. 9 eine schematische Darstellung zum Aufbau eines aktiv einstellbaren Wälzlagers veränderlicher Lager- und damit Koppelsteifigkeit;
- Fig. 10 eine schematische Darstellung einer mittels einer Rotationsdruckmaschine steuerbaren Lageranordnung an einer Druckwerkskomponente mit weitem (Fig. 10A) und engem (Fig. 10B) Lagerabstand;
- Fig. 11 eine schematische Darstellung einer mittels einer Rotationsdruckmaschine steuerbaren Tilgermassenanordnung in inaktiver (Fig. 11A) und aktiver, frei im Inneren schwingender

Fig. 12

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

(Fig. 11B) Position einer Druckwerkskomponente; und
eine schematische Darstellung eines zu bedruckenden Substrates am Beispiel einer Abwicklung eines Getränkekartons und Aufteilung dieses Kartons in Druckbild, Druckmotiv und Druckform verschiedener Farben.

[0026] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Rotationsdruckmaschine 1 in der Satelliten- bzw. Zentralzylinderbauweise mit acht schematisch dargestellten Druckwerken DW1 bis DWx, mit einem Zentralgegendruckzylinder 2 und ein zu bedruckendes Substrat 3 mit entsprechenden Leitwalzen.

[0027] Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer Rotationsdruckmaschine 1 in einer Reihenbauweise mit fünf schematisch dargestellten Druckwerken DW1 bis DWx mit jeweils einem Gegendruckzylinder 2, mit einer Abwickelstation 10 sowie mit einer Aufwickelstation 11 und ein zu bedruckendes Substrat 3.

[0028] Fig. 3 zeigt einen schematischen Aufbau eines Druckwerkes (DW) innerhalb einer Rotationsdruckmaschine, welches in eine Rakelkammer 8, eine Rasterwalze 9, einen Druckzylinder 4, einen Druckadapter 6 und ein Druckbild 7 unterteilt ist. Das Druckbild 7 wird hierbei als Höhenprofil zur Veranschaulichung der fremderregten Schwingungsanregung 30 innerhalb eines modulabhängigen Druckwerkes dargestellt. Dieses Druckwerk ist an einem Gegendruckzylinder 2 innerhalb einer Rotationsdruckmaschine 1 mit einem zu bedruckenden Substrat 3 positioniert.

[0029] Fig. 4 zeigt den schematischen Aufbau eines Druckwerkes als Feder-Masse-Dämpfer-System 40 mit Massen m_1 , m_2 , m_3 , welches jeweils eine Komponente oder ein Bauteil oder eine Bauteilgruppe des Druckwerkes repräsentieren. Den Massen m_1 , m_2 , m_3 werden die Federsteifigkeiten c_1 , c_2 , c_3 und Dämpfungskonstanten d_1 , d_2 , d_3 zugeordnet. Das Feder-Masse-Dämpfer-System 40 kann über eine äußere Fremderregung in Resonanz gebracht werden. Die Fremderregung repräsentiert hierbei ein erhabene Druckbild 54, wie es in Fig. 5 skizziert ist und kann jede Komponente in Abhängigkeit ihrer Feder-/ Material- und Lagersteifigkeiten sowie Massen in eine Eigenfrequenz erster und / oder höherer Ordnung versetzen.

[0030] Ausgangspunkt ist die vereinfachte Darstellung eines Druckwerkes mit Druckzylinder sowie montiertem Adapter und Sleeve als das Feder-Masse-Dämpfer-System 40 in Fig. 4. Die Masse der Komponenten des Druckwerkes als auch die Steifigkeiten - bestehend aus der Materialsteifigkeit, der Koppelsteifigkeit und der Lagersteifigkeit - sowie die Materialdämpfungseigenschaften bestimmen dabei die gekoppelten Eigenfrequenzeigenschaften erster und höherer Ordnung. Durch die singuläre Messung der Produkte im ausgebauten Zustand, ohne eigene Lagersteifigkeit, lassen sich die jeweiligen Eigenfrequenzen dieser Komponenten ermitteln. Durch die

stufenweise Messung der Komponenten im montierten Zustand - beispielsweise Druckzylinder singulär, dann mit montiertem Adapter - lassen sich dann die jeweiligen Lager- bzw. Koppelsteifigkeiten bestimmen. So lässt sich das Druckwerk (oder auch die Rotationsdruckmaschine) mit ihren jeweiligen Lager- bzw. Koppelsteifigkeiten als digitaler Zwilling nachbilden. Das vereinfachte Dreimassenschwingersystem lässt sich durch seine Differentialgleichung hinsichtlich möglicher Resonanzbereiche in Form der Vergrößerungsfunktion untersuchen. Hierbei wird zum Beispiel das Erregerfrequenzspektrum als Funktion der Warenbahngeschwindigkeit den Resonanzantworten des Druckwerkes gegenübergestellt.

[0031] Fig. 5 zeigt schematisch Bestandteile eines Druckwerkes 50, wobei die Erregerkreisfrequenz 51 in Verbindung mit einem Druckzylinder 4, einem Druckadapter 5 (Druckadapter entspricht Drucksleeve), sowie mit einem Druckbild 6 samt eines Höhenprofils 7 als Diagramm dargestellt ist.

[0032] Fig. 6A und 6B zeigen schematisch Eigenfrequenzspektren einzelner Maschinenkomponenten erster und höherer Ordnung 60, 61 sowie ein motivabhängiges Erregerkreisfrequenzspektrum 63 eines exemplarischen Druckwerkes, die für das Druckwerk mit den mehreren Komponenten beispielhaft zu einem druckwerks- und druckgeschwindigkeitsabhängigen Resonanzbereich 64 zusammengefasst wird.

[0033] Fig. 7A und 7B zeigen schematisch unterschiedliche (druckwerks- und druckgeschwindigkeitsabhängige) Resonanzbereiche 70, 71, 73, die jeweils einem von mehreren Druckwerken der Rotationsdruckmaschine 1 zugeordnet sind, sowie das für die Rotationsdruckmaschine 1 mit den mehreren Druckwerken bestimmte, beispielhaften, zusammengefassten Gesamtresonanz 74.

[0034] Fig. 8A und 8B zeigen schematisch eine beispielhafte Gesamtresonanz 80 einer Rotationsdruckmaschine 1, die in Form eines Diagrammes zugeordnet wird, welches mehrere günstige Druckbereiche 81 und mehrere ungünstige Druckbereiche 82 (Resonanzbereiche) aufweist.

[0035] Fig. 9 zeigt eine schematische Darstellung einer einstellbaren Lagereinrichtung 90, die mit einem zweireihigen Schrägkugellageranordnung 91 in O-Anordnung gebildet ist. Lagerkugeln 92, 93 sind zwischen Kugellagerelementen 94, 95 aufgenommen. Mittels Einleiten eines Fluids, beispielsweise einer Hydraulikflüssigkeit (vgl. Pfeile A) in einem Fluidkanal 96, dem ausgangsseitig Dichtungen 97 zugeordnet sind, sind eine Vorspannung und damit die Lagersteifigkeit einstellbar, um diese gezielt zu erhöhen oder zu reduzieren. Hierdurch kann im Druckbetrieb beim Einsatz der Lagereinrichtung 90 in einer Rotationsdruckmaschine auf die Einstellung der Lagereinrichtung 90 gezielt Einfluss genommen werden, um so zum Beispiel für ein Druckwerk, in welchem die Lagereinrichtung 90 verwendet wird, eine Einstellung der Lagersteifigkeit zu wählen, bei der das Druckwerk in einem günstigen / gewünschten Bereich

der Resonanzspektrum des Druckwerkes bzw. der Gesamtresonanz der Rotationsdruckmaschine arbeitet. Die Verwendung der Lagereinrichtung 90 ermöglicht es so, den Betrieb des Druckwerkes (oder der Rotationsdruckmaschine) so einzustellen, dass die zuvor gewonnen Erkenntnisse über die Resonanz im Druckbetrieb nutzbar sind, um das jeweilige Druckwerk und schließlich die Rotationsdruckmaschine optimiert zu betreiben.

[0036] Fig. 10 zeigt eine schematische Darstellung einer Anordnung mit einer Druckwerkskomponente 100, die im Beispiel eine Trägerstange 101 mit einem CFK-Abschnitt 102 ausgebildet ist, und einer zugeordneten Lagereinrichtung 103, die für die Druckwerkskomponente 100 einen einstellbaren oder veränderlichen Lagerabstand AB zwischen einem ersten Lager 104 und einem zweiten Lager 105 bereitstellt. Der Lagerabstand AB kann bei der gezeigten Ausführung aktiv und stufenlos verstellt werden, wodurch die Druckwerkskomponente 100 verstimmbar ist, um so gezielten darauf Einfluss zu nehmen, in welchem Bereich das zugehörige Druckwerk in seinem Resonanzspektrum beim Betrieb der Druckmaschine betrieben wird. In Fig. 10A ist ein maximaler Lagerabstand AB gezeigt, wohingegen Fig. 10B einen minimalen Lagerabstand AB zeigt.

[0037] Das erste Lager 104 und das zweite Lager 105 sind unabhängig voneinander verlagerbar zum Einstellen der jeweiligen Lagerung der Druckwerkskomponente 100.

[0038] Fig. 11 zeigt eine Druckwerkskomponente, wie beispielsweise einen Druckzylinder 112, mit integrierten Tilgermassen 110, 111, die in einem Verstellbereich V stufenlos verstellbar sind, wodurch das zugeordnete Druckwerk bzw. die Rotationsdruckmaschine gesteuert werden kann. Hierbei werden in Abhängigkeit ihrer eingestellten freien Biegelänge bestimmte Resonanzbereiche aktiv getilgt.

[0039] Eine Rotationsdruckmaschine kann aktiv die Resonanzen ihrer Druckwerkskomponenten beeinflussen und steuern, um diese Komponenten, wie zum Beispiel Druckzylinder in ihrer Eigenfrequenz erster und / oder höherer Ordnung gezielt zu verstimmen. Dies kann zum Beispiel mittels gezielter Beeinflussung der freien Biegelänge, wie in Fig. 10A und Fig. 10B dargestellt, durch die aktive Positionierung von verschiebbaren Lagervorrichtungen stattfinden. Weitere Lagerabstände, wie in Fig. 10A dargestellt, führen zu niedrigeren Eigenfrequenzen erster und höherer Ordnung, engere Lagerabstände, wie in Fig. 10B dargestellt, entsprechend zu höheren Eigenfrequenzen erster und höherer Ordnung.

[0040] Ein weiteres Beispiel einer Steuerung der Druckwerkskomponenten in Fig. 9 ist die Verwendung der hydraulisch gesteuerten Lagereinrichtung 90, welche in ihrer Lagersteifigkeit einstellbar ist. Niedrige hydraulische Drücke erzeugen dabei niedrige Lagersteifigkeiten und damit niedrige Koppelsteifigkeiten. Hohe hydraulische Drücke erzeugen hohe Lagersteifigkeiten, durch die dadurch entstehende, gezielte Erhöhung der Lagervorspannung durch die Deformation der Wälzlagerlauf-

bahnen, und somit hohe Koppelsteifigkeiten. Hohe Koppelsteifigkeiten zum Maschinengestell erhöhen gleichsam die Eigenfrequenzen erster und höherer Ordnung.

[0041] Ein anderes Beispiel einer aktiven Druckwerkskomponentensteuerung einer Rotationsdruckmaschine zeigen Fig. 11A und Fig. 11B. Dort ist die Verwendung von Tilgermassen 110, 111 in dem Druckzylinder 112 vorgesehen, welche jeweils aktiv veränderbar an einer Blattfeder 113, 114 im Inneren des beispielhaft gezeigten Druckzylinders 112 montiert sind und durch die Veränderung der freien Biegelänge der zugeordneten Blattfeder 113, 114 innerhalb des Druckzylinders 112 zur gezielten Tilgung von bestimmten Eigenfrequenzen erster oder höherer Ordnung durch die Erregerkreisfrequenz eines bestimmten Druckbildes genutzt werden können. Es lassen sich durch diese aktiven Steuerungsmaßnahmen einer Rotationsdruckmaschine die Komponenten einzelner Farbwerke getrennt voneinander einstellen, um druckbildabhängige und damit erregerkreisfrequenzabhängige Einstellungen durch Verstimmung oder Frequenztilgung an jedem einzelnen Farbwerk vornehmen zu können.

[0042] Eine Lagereinrichtung 115 kann zum Beispiel mittels der einstellbaren Lagereinrichtung 90 ausgeführt sein (vgl. Fig. 4).

[0043] Fig. 12 zeigt eine vereinfachte schematische Darstellung für einen zu bedruckenden Getränkekarton 120, wie der abgewinkelte Getränkekarton 121 auf einem Substrat 122 angeordnet wird, wie daraus das spätere Druckmotiv entsteht, wie dieses Druckmotiv in Druckbild für die jeweiligen Farbanteile aufgeteilt wird und wie diese Druckbilder wiederum in einzelne Druckformen aufgeteilt werden, welche sich, in Abhängigkeit der Kundenvorgaben, zum Teil frei auf dem Umfang des Zylinders anordnen lassen.

[0044] Die in Rotationsdruckmaschinen mittels eines Druckbildes auf das Substrat 122, wie beispielsweise Folie oder Papier, übertragene Druckfarbe erzeugt das spätere Druckmotiv, wie in Fig. 12 dargestellt ist. Das Druckmotiv wird dabei zusammengesetzt aus verschiedenen zu bedruckenden Farbanteilen, die über das jeweilige Druckbild eines Druckwerkes übertragen werden. Druckbilder werden aus einer oder mehreren Druckformen zusammengesetzt, wie in Fig. 12 dargestellt ist, und weisen je nach Art des Druckverfahrens Erhöhungen (beim Hochdruck) oder Vertiefungen (beim Tiefdruck) oder hydrophile bzw. hydrophobe Anteile (beim Flachdruck) auf, die dazu dienen Druckfarbe vom Druckbild auf das zu bedruckende Substrat zu übertragen.

[0045] Insbesondere die erhabenen Anteile des Druckbildes im Hochdruckverfahren, aber auch die Plattenkanten des Flachdruckes und das Relief des Tiefdruckes, führen u.a. auf dem Druckzylinder während des Druckprozesses zur fremderregten Schwingungsanregung des Gesamtsystems.

[0046] Nachfolgend werden weitere Aspekte erläutert.

[0047] In Hochdruckverfahren, zum Beispiel Flexodruck, werden alle Komponenten eines Druckwerkes,

insbesondere aber der Druckzylinder mit dem ggf. darauf montierten Druckadapter und Drucksleeve, aufgrund dieses erhabenen Druckbildes im Druckprozess von außen zur Schwingung angeregt. Das so fremderregte System neigt zu Druckaussetzern (Bouncing) durch das Abheben des Druckbildes vom zu bedruckenden Substrat, welches über den zumeist deutlich größer und damit stabiler ausgeführten Gegendruckzylinder geführt wird.

[0048] Mittels Verwendung von hochsteifen Komponenten aus kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen kann dieser Effekt der Farbwerksdynamik vermindert, jedoch nicht gänzlich verhindert werden. Vielmehr ist im Druckprozess darauf zu achten, dass Eigenfrequenzen im System in der Praxis möglichst vermieden und / oder zugleich schnell durchfahren werden. Denn ein dauerhaft schwingungsangeregtes System innerhalb der Rotationsdruckmaschine führt zu einer wesentlichen Verschlechterung der Erzeugerqualität des zu bedruckenden Substrates. Resonanzeffekte mit Eigenfrequenzen erster und / oder höherer Ordnung treten im realen Prozess jedoch unvermittelt auf und es obliegt der Fähigkeit des Bedienpersonals dies korrekt zu diagnostizieren und Gegenmaßnahmen einzuleiten. Zumeist durch Reduzierung der Druckgeschwindigkeit, bis ein Bouncing auf dem bedruckten Substrat nicht mehr erkennbar ist. Das so erzeugte Substrat muss dann verworfen werden.

[0049] Das Druckbild, welches in der Druckvorstufe bereits in digitaler Form vorliegt, induziert also in Abhängigkeit der Druckgeschwindigkeit und der Anordnung der einzelnen Druckformen des Gesamtdruckbildes zueinander unterschiedliche Frequenzen auf die Gesamtresonanz der Rotationsdruckmaschine. Durch die softwaregestützte Untersuchung des Druckbildes, beispielsweise in der Druckvorstufe, lässt sich die drehzahlabhängige Erregerkreisfrequenz ermitteln und in die Gesamtresonanz der Rotationsdruckmaschine überführen.

[0050] In einer Ausführung des Verfahrens zum Bestimmen von optimalen Druckparametern der Rotationsdruckmaschine ist ein Vorhersageanalysemodell geschaffen, das Folgendes aufweist: eine Rotationsdruckmaschine, welche in einzelne Druckwerke, Baugruppen und / oder Komponenten wie Gegendruckzylinder, Druckzylinder, Druckadapter, Drucksleeves, Druckbilder sowie Lagersteifigkeiten aufgeteilt wird.

[0051] Für die einzelnen Druckwerke, Baugruppen und / oder Komponenten werden Eigenfrequenzen erster und / oder höherer Ordnung ermittelt, wobei je nach Einsatz der Rotationsdruckmaschine für jedes einzelne Druckwerk ein eigenes Resonanzspektrum ermittelt wird (welches z. B. druckwerks- und druckgeschwindigkeitsabhängig sein kann).

[0052] Für jedes Druckwerk wird ein Resonanzspektrum erfasst und optional in einer Gesamtresonanz der Rotationsdruckmaschine überführt, um basierend darauf im Rahmen der Druckvorstufe optimale, möglichst schwingungsfreie Druckbereiche in Abhängigkeit der Druckgeschwindigkeit zu ermitteln und auszugeben und / oder die einzelnen Druckformen des Druckbildes so op-

timiert auf dem Umfang anzuordnen, dass sich optimierte Erregerkreisfrequenzen ergeben und / oder Druckwerkzeuge mit optimierten Eigenkreisfrequenzen erster und / oder höherer Ordnung zu wählen, wodurch sich optimale Erzeugerqualitäten für die gewünschte Druckgeschwindigkeiten ergeben.

[0053] Für das Vorhersageanalysemodell werden zunächst die Eigenfrequenzen einzelner Maschinenkomponenten erfasst, die für den Druckprozess von wesentlicher Bedeutung sind. Von Bedeutung sind Eigenfrequenzen, welche besonders hohe Magnituden aufweisen. Diese sind häufig jene niedrigerer Klassifikation; zweite und niedriger.

[0054] Hierbei wird die Datenerfassung außerhalb der Rotationsdruckmaschine im nicht eingebauten Zustand als auch innerhalb der Rotationsdruckmaschine im eingebauten Zustand vorgenommen werden. Es ist vorgesehen, in einem Ausführungsbeispiel zunächst das Eigenfrequenzspektrum einzelner Maschinenkomponenten wie beispielsweise Druckzylinder, Adapter und weiterer Komponenten eines Druckwerkes im ausgebauten als auch im eingebauten Zustand zu bestimmen, um zum Beispiel im eingebauten Zustand die Koppelsteifigkeiten in Verbindung mehrerer Maschinenkomponenten zu ermitteln. Die Koppelsteifigkeit wird über die Verstimmung der Komponenten ermittelt.

[0055] Diese einzelnen ermittelten Eigenfrequenzspektren diverser Maschinenkomponenten werden samt einer Erregerkreisfrequenz des Druckbildes für jedes Druckwerk jeweils zu einem (druckwerks- und druckgeschwindigkeitsabhängigen) Resonanzspektrum überführt, wie in Figur 6 dargestellt.

[0056] Nach einem weiteren Aspekt können aber auch unterschiedliche Komponenten des Druckwerkes gezielt benutzt werden, um das Gesamtsystem und / oder das Druckwerk hinsichtlich seiner Eigenfrequenzen erster und / oder höherer Ordnungen gezielt zu verstimmen.

[0057] Ebenso ist hierbei die Koppelsteifigkeit des Druckzylinders in Verbindung einer Lagerung innerhalb der Rotationsdruckmaschine von großer Bedeutung. Auch die gezielte Veränderung der Koppelsteifigkeit durch beispielsweise Erhöhung oder Reduktion von Lager Vorspannungen kann zur gezielten Verstimmung durch Erhöhung oder Reduktion der Koppelsteifigkeiten dieser Komponente genutzt werden.

[0058] Je nach Einsatz der Druckwerke werden die zwischengefassten Resonanzspektren schließlich in einer Gesamtresonanz der Rotationsdruckmaschine überführt.

[0059] Das Potential von Rotationsdruckmaschinen, insbesondere im Hochdruckverfahren des Flexodrucks, wird bei vorbekannten Maschinen nur ungenügend genutzt. Die durch das Druckbild induzierten Schwingungen von Maschinenkomponenten oder Baugruppen der Rotationsdruckmaschine sind abhängig von der Warenbahngeschwindigkeit, der Anordnung der Druckbilder zu- und nebeneinander und dem erhabenen Anteil der jeweiligen Farbanteile, aus dem das Gesamtdruckbild

zusammengesetzt ist. Dies sorgt für keine diskreten Erregerkreisfrequenzen, wie sie beispielsweise durch die Plattenkante im Plattenzylinder des Bogen- oder Rollen-Offset-Druckverfahrens bekannt sind. Es ergibt sich also eine theoretisch unendliche Anzahl möglicher Erregerkreisfrequenzen, die auf ein Druckwerk bzw. die gesamte Rotationsdruckmaschine wirken können. Dem wird durch die Verwendung von möglichst hochsteifen und zum Teil schwingungsgedämpften Druckwerkskomponenten wie Druckzylindern, Adaptern oder Sleeves aus hochmoduligen Kohlenstoffasern entgegengewirkt. Dennoch lässt sich das Aufschwingen des Systems durch Erregerkreisfrequenzen der Druckbilder in bestimmten Resonanzbereichen der Komponenten nicht vermeiden. Es kommt infolgedessen zu Druckaussetzern, also dem Abheben des Druckmotives von der Warenbahnoberfläche oder dem Abheben des Druckmotives von der Rasterwalze oder dem Rastersleeve - dem sogenannten Bouncing - bzw. zu Schwingungsstreifen in insbesondere vollflächig farbigen Druckbereichen der jeweiligen Druckwerke. Dadurch müssen Druckgeschwindigkeiten reduziert werden, um keine Makulatur bzw. Ausschuss zu produzieren. Hierdurch ist ferner auch die erzielbare Druckqualität des Hochdruckverfahrens gegenüber dem Flach- und Tiefdruck unterlegen. Diese maschinendynamischen Effekte sorgen auch regelmäßig zu verminderten Produktivitätskennziffern, welche indirekt den CO₂-Ausstoß pro bedruckten Meter Warenbahn negativ beeinflussen. Hierbei obliegt dem Anlagenbediener und hier insbesondere seinem Erfahrungsschatz die Einstellung der richtigen Druckparameter aus Anlagen- und damit Warenbahngeschwindigkeit und Zustellung der Druckwerkskomponenten - was der Anpresskraft der Komponenten zueinander entspricht. Daraus resultiert, dass die maximalen Anlagengeschwindigkeiten meistens nur während der Maschinenabnahme an einem bestimmten Druckbild erreicht werden. Danach wird lediglich mit einem Bruchteil der maximal möglichen Geschwindigkeit gedruckt, was auch aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten den Zeitpunkt der Amortisation nach Anschaffung der Anlage weiter in die Zukunft verschiebt.

[0060] Das Potential von Rotationsdruckmaschinen, insbesondere im Hochdruckverfahren des Flexodrucks, kann mittels der hier vorgeschlagenen Technologie zum Bestimmen von optimierten Druckparametern verbessert ausgenutzt werden.

[0061] Hinsichtlich der jeweils pro Druckwerk auftretenden Resonanzen als Folge der druckbildinduzierten Erregerkreisfrequenzen in Abhängigkeit der Druckgeschwindigkeit werden hierzu Eigenfrequenzen erster und höherer Ordnung der in der Rotationsdruckmaschine verwendeten Druckwerkskomponenten analysiert. Hierdurch werden zum Beispiel a priori - also bevor ein Druck gestartet wird - ein Bereich oder mehrere Bereiche optimaler Druckgeschwindigkeiten identifiziert. In diesen Bereichen treten keine Druckaussetzer auf, und das Druckbild ist ohne größeren Aufwand in optimaler Qualität zu

fertigen. Die Druckqualitäten steigen deutlich an, weshalb das Hochdruckverfahren in Teilbereiche des Flach- und Tiefdruckes vordringen kann.

[0062] Bereiche der Druckgeschwindigkeit, die das Druckwerk in einer der Eigenfrequenzen anregen können, können dann im Betrieb ebenfalls identifiziert und zum Erreichen der wirtschaftlich optimalen Druckgeschwindigkeit schnell durchfahren werden. Die vormals nicht erreichbaren Bereiche hoher Druckgeschwindigkeiten jenseits erster Druckaussetzer bzw. Resonanzen können somit betriebswirtschaftlich optimal angefahren werden. Damit wird ein wertvoller Beitrag zur Steigerung der Produktivität bei gleichzeitig sinkendem CO₂-Ausstoß je bedrucktem Meter Warenbahn geleistet. Verpackungsmaterialien werden dadurch in ihrer CO₂-Bilanz deutlich attraktiver und die Verwendung von fossilen Brennstoffen wird drastisch reduziert. Außerdem wird Ausschuss vermieden und damit nur das Verpackungsmaterial bedruckt, welches zwingend benötigt wird.

[0063] Aus Sicht eines Druckmaschinenbetreibers können in einem Beispiel durch seinen Kunden - dem Verarbeiter von bedruckten Verpackungsmaterialien - digitale Bildinformationen - dem späteren Motiv - an eine Reproduktionsanstalt übermittelt werden. Diese kann sich in einigen Fällen innerhalb des Betriebes des Druckmaschinenbetreibers befinden, ist jedoch meistens ein eigenständiges Unternehmen, mit dem der Druckmaschinenbetreiber im Außenverhältnis interagiert. Diese Reproduktionsanstalt teilt die einzelnen Farbanteile des Bildes in druckbare Farbanteile auf. Als einfaches Beispiel sei hier der CMYK-Farbraum genannt, bei dem ein großer Teil des sichtbaren Farbspektrums durch die drei Grundfarben Cyan, Magenta und Yellow sowie eine Konturfarbe (Schwarz) dargestellt werden kann. Es wird also durch die Reproduktionsanstalt das Motiv in die Druckinformationen für den CMYK-Farbraum und damit für vier Farbwerke einer Rotationsdruckmaschine aufgeteilt. Es ergeben sich dadurch druckwerksspezifische Druckinformationen über den Anteil erhabener und tiefstehender Druckinformationen über dem Umfang. Außerdem die Information des notwendigerweise zu verwendenden Druckwerkzeuges (Adapter und Sleeve), um eine bestimmte Abwicklungslänge und damit das Druckformat zu erreichen. Ebenso die Anordnung der einzelnen Druckinformationen über dem Umfang der Abwicklung und der Breite des zu bedruckenden Substrates.

[0064] An dieser Stelle liegen also alle notwendigen Informationen für die Auswertung der sich ergebenden Erregerkreisfrequenz am jeweiligen Druckwerk vor. Dies kann auch durch die Positionierung der Druckinformationen zueinander im Verhältnis der Druckbreite (nebeneinander positionierte Motive sind die Regel) variiert und beeinflusst werden, um gezielt andere, betriebswirtschaftlich günstigere Erregerkreisfrequenzen zu erzielen.

[0065] Ferner kann mittels zum Beispiel einer experimentellen Modalanalyse zum Bestimmen der Eigenfrequenzen erster und höherer Ordnung als auch zur Be-

stimmung der Koppel- und Lagersteifigkeiten aller Druckwerkskomponenten das Verhalten der Rotationsdruckmaschine vorliegen. Durch eine warenbahngeschwindigkeitsabhängige Resonanzanalyse ließen sich, insbesondere software-gestützt mittels Computerprogrammanweisungen, nun besonders günstige und entsprechend ungünstige und damit schnell zu durchzufahrende Druckgeschwindigkeiten bestimmen, in denen - abhängig von den erhabenen Druckanteilen und der ebenfalls optimierten Anordnung der einzelnen Druckbilder zueinander - die Rotationsdruckmaschine optimale Arbeitsbereiche für exakt diesen Auftrag bietet.

[0066] Ferner kann auch ein Einstellparametersatz für zum Beispiel die Druckbeistellung der jeweiligen Farbwerke bestimmt werden, welcher ebenfalls bereitgestellt werden kann. Darüber hinaus können auf Basis betriebswirtschaftlicher Daten des Auftrages - wie zum Beispiel der zu bedruckenden Warenbahnlänge - bestimmte Warenbahngeschwindigkeitsbereiche als ökonomisch und ökologisch besonders günstig bestimmt werden. Beispielsweise sind für kurze Druckaufträge weniger km langsamere Maschinengeschwindigkeiten unterhalb eines zu durchzufahrenden Resonanzbereiches sinnvoll; hingegen werden bei langen Druckaufträgen von mehreren 10 oder 100 km Maschinengeschwindigkeiten möglichst nahe an der maximalen Druckmaschinengeschwindigkeit gewählt. Ferner ist eine gezielte Verwendungsvorschrift verschiedener dimensional baugleicher aber mechanisch unterschiedlicher Druckwerkzeuge wie Adapter oder Sleeves - welche sich im damit im Verhalten ihrer Eigenfrequenzen und Steifigkeiten unterscheiden - je Druckauftrag und dem damit verbundenen Erregerkreisspektrum durch ein Computerprogrammprodukt möglich, wodurch für jedes Druckwerk unterschiedliche Eigenfrequenzen erzielt werden können.

[0067] Durch die Verwendung verstellbarer Lager, zum Beispiel durch Veränderung der Lagerabstände oder durch gezielte mechanische Beeinflussung der Lagersteifigkeiten durch jeweils mechanische Aktuatoren in der Druckmaschine, können durch eine Rotationsdruckmaschine, welche durch das Computerprogrammprodukt gesteuert wird, auch die gekoppelten Eigenfrequenzen der einzelnen Farbwerke beeinflusst werden. Diese sind dann an den jeweiligen Druckauftrag und das damit verbundene Erregerkreisspektrum jedes Druckwerkes anpassbar.

[0068] In Interaktion mit der Rotationsdruckmaschine lassen sich damit Frequenzbereiche bestimmen und vermeiden und / oder durch die Verwendung von bestimmten Druckwerkzeugen mit unterschiedlicher Eigenfrequenz und / oder durch Veränderung der Koppelsteifigkeiten der aufeinander montierten Komponenten verstimmen und / oder Druckformanordnungen des Gesamtdruckbildes wählen, die einer Resonanz mit dem Gesamteigenfrequenzspektrum der Rotationsdruckmaschine verhindern. Dies wird im weiteren Verlauf als optimale Druckparameter zusammengefasst.

[0069] Es lassen sich damit Druckbereiche bestim-

men, welche schnell durchfahren werden müssen, sowie optimale Einsatzbereiche definieren, in denen die Rotationsdruckmaschine ohne Druckbildaussetzer mit der höchstmöglichen Druckgeschwindigkeit und Produktivität betrieben werden kann.

[0070] Somit ist es möglich, teure Maschinenlaufzeiten von Rotationsdruckmaschinen hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit weiter zu optimieren und schließlich die Rüstzeiten möglichst kurz zu halten.

[0071] Zudem hat das vorgeschlagene Verfahren den Vorteil, dass durch das Ermitteln optimaler Druckparameter innerhalb der Druckvorstufe und / oder der Maschinensteuerung keine wertvollen Ressourcen wie Druckfarbe und Substrat verschwendet werden.

[0072] Die in der vorstehenden Beschreibung, den Ansprüchen sowie der Zeichnung offenbarten Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der verschiedenen Ausführungen von Bedeutung sein.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen mindestens eines optimierten Druckparameters für mindestens eines der Druckwerke einer Rotationsdruckmaschine (1) mittels einer Datenverarbeitungseinrichtung, wobei ein oder mehrere Prozessoren der Datenverarbeitungseinrichtung für Folgendes eingerichtet sind:

- Bereitstellen von Maschinenkomponentendaten, die Eigenfrequenzen von im Betrieb schwingungsfähigen Maschinenkomponenten mindestens eines Druckwerkes anzeigen;
- Bestimmen eines Resonanzspektrums des mindestens einen Druckwerkes mit den Maschinenkomponenten ausgehend von den bestimmten Eigenfrequenzen sowie eines motivabhängigen Erregerkreisfrequenzspektrums und unter Berücksichtigung wenigstens eines Druckparameters; und
- Bestimmen von wenigstens einem optimierten Druckbereich (80), dem ein Frequenzbereich außerhalb von Eigenfrequenzen des mindestens einen Druckwerkes sowie außerhalb von Maxima des motivabhängigen Erregerkreisfrequenzspektrums und der wenigstens eine Druckparameter für das Druckwerk zugeordnet sind;

wobei der wenigstens eine Druckparameter aus der folgenden Gruppe ausgewählt ist: eine Druckgeschwindigkeit, Druckzylinder, Druckadapter, Druckformen eines zu druckenden Druckbildes, eine oder mehrere Eigenfrequenzen zumindest einer der Maschinenkomponenten, Lagersteifigkeit zumindest einer der Maschinenkomponenten in dem Druckwerk und Koppelsteifigkeit zumindest einer der Ma-

schinenkomponenten in dem Druckwerk.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Maschinenkomponentendaten wenigstens teilweise mittels einer datentechnischen Simulation für eine oder mehrere der Maschinenkomponenten berechnet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Maschinenkomponentendaten wenigstens teilweise mittels einer Messung für eine oder mehrere der Maschinenkomponenten gemessen werden.
4. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Maschinenkomponentendaten bereitgestellt werden, die für die im Betrieb schwingungsfähigen Maschinenkomponenten des Druckwerkes jeweils zumindest eine die folgenden Eigenfrequenzen anzeigen: Eigenfrequenz erster Ordnung und / oder Eigenfrequenz höherer Ordnung.
5. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Resonanzspektrum des jeweiligen Druckwerkes zumindest eine die folgenden Eigenfrequenzen des Druckwerkes aufweisend bestimmt wird: Eigenfrequenz erster Ordnung und / oder Eigenfrequenz höherer Ordnung.
6. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Steuersignale bereitgestellt werden, die eingerichtet sind, die Rotationsdruckmaschine in dem Frequenzbereich außerhalb der Eigenfrequenzen des mindestens einen Druckwerkes sowie außerhalb der Maxima des motivabhängigen Erregerkreisfrequenzspektrums und dem wenigstens ein Druckparameter entsprechend im Druckbetrieb zu steuern, wobei die Steuersignale die Druckgeschwindigkeit, die Lagersteifigkeit der zumindest einen der Maschinenkomponente und / oder die Koppelsteifigkeit der zumindest einen der Maschinenkomponente steuern.
7. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuersignale von einer Steuereinrichtung der Rotationsdruckmaschine empfangen und die Rotationsdruckmaschine im Druckbetrieb den Steuersignalen entsprechend gesteuert wird.
8. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Maschinenkomponentendaten bereitgestellt werden, die Eigenfrequenzen wenigstens einer Baugruppe aus Maschinenkomponenten des Druckwer-

kes anzeigen.

9. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Maschinenkomponentendaten bereitgestellt werden, die Eigenfrequenzen einer oder mehrerer Maschinenkomponenten des Druckwerkes aus der folgenden Gruppe anzeigen: ein Druckzylinder wie Zentraldruckzylinder und Gegendruckzylinder, eine Trägerstange, ein Druckadapter, ein Drucksleeve, eine Druckform, ein Druckbild, ein Rastersleeve, eine Rasterwalze und eine Rastersleeveträgerstange. 5
10

10. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der eine oder die mehreren Prozessoren der Datenverarbeitungseinrichtung weiter für Folgendes eingerichtet sind: 15
 - Bestimmen einer Gesamtresonanz der Rotationsdruckmaschine (1), wobei die Gesamtresonanz der Rotationsdruckmaschine (1) mittels der Resonanzspektren der Druckwerke ermittelt wird; und 20
 - Bestimmen des wenigstens einen optimierten Druckbereiches (80), wobei der diesem Druckbereich (80) zugeordnete Frequenzbereich außerdem außerhalb von Maxima der Gesamtresonanz der Rotationsdruckmaschine (1) liegt. 25

30

11. Computerprogrammprodukt, aufweisend ein Programm mit Befehlen, die bei einer Ausführung des Programms auf einem Computer diesen dazu veranlassen, ein Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche auszuführen. 35

40

45

50

55

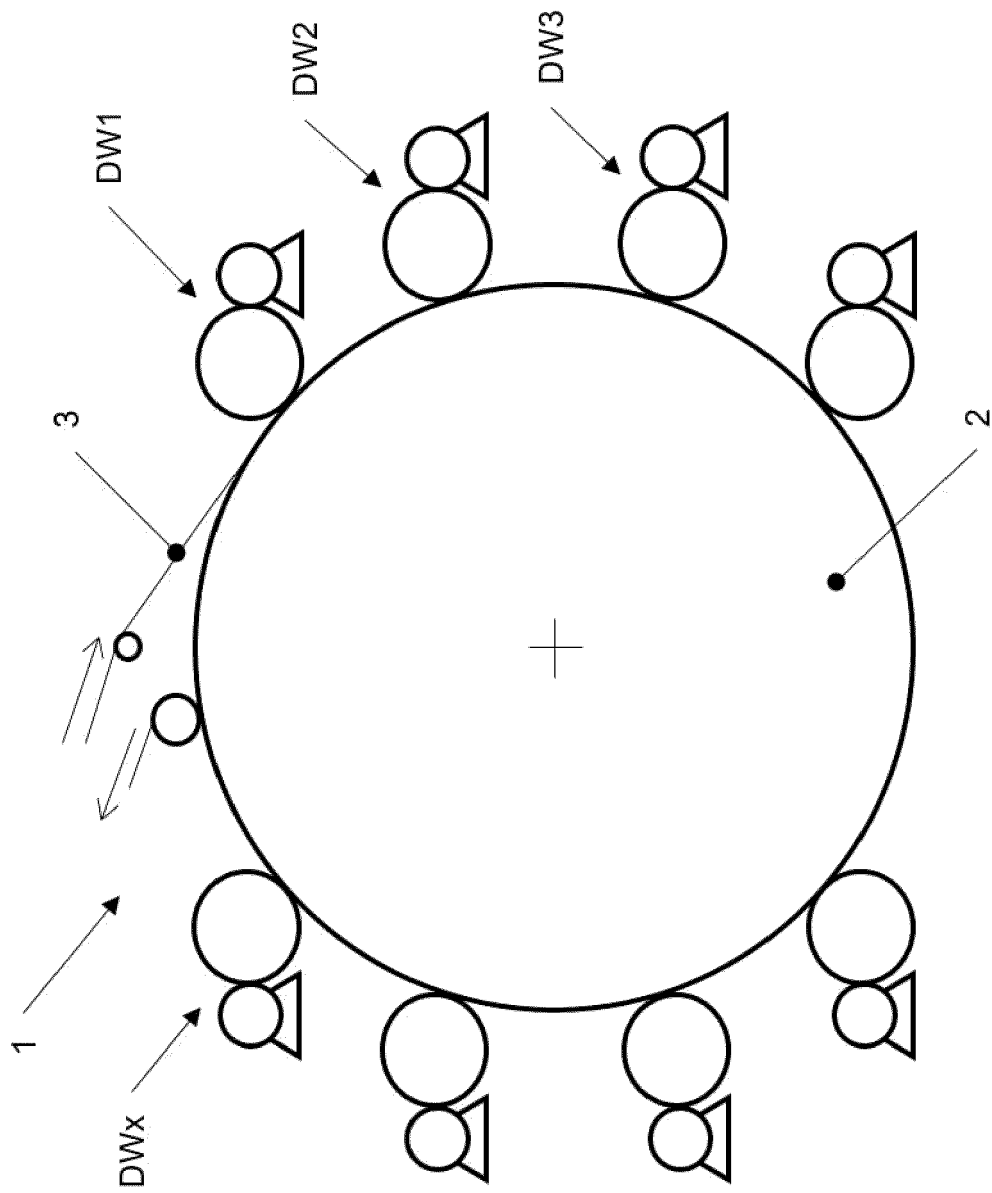


Fig. 1

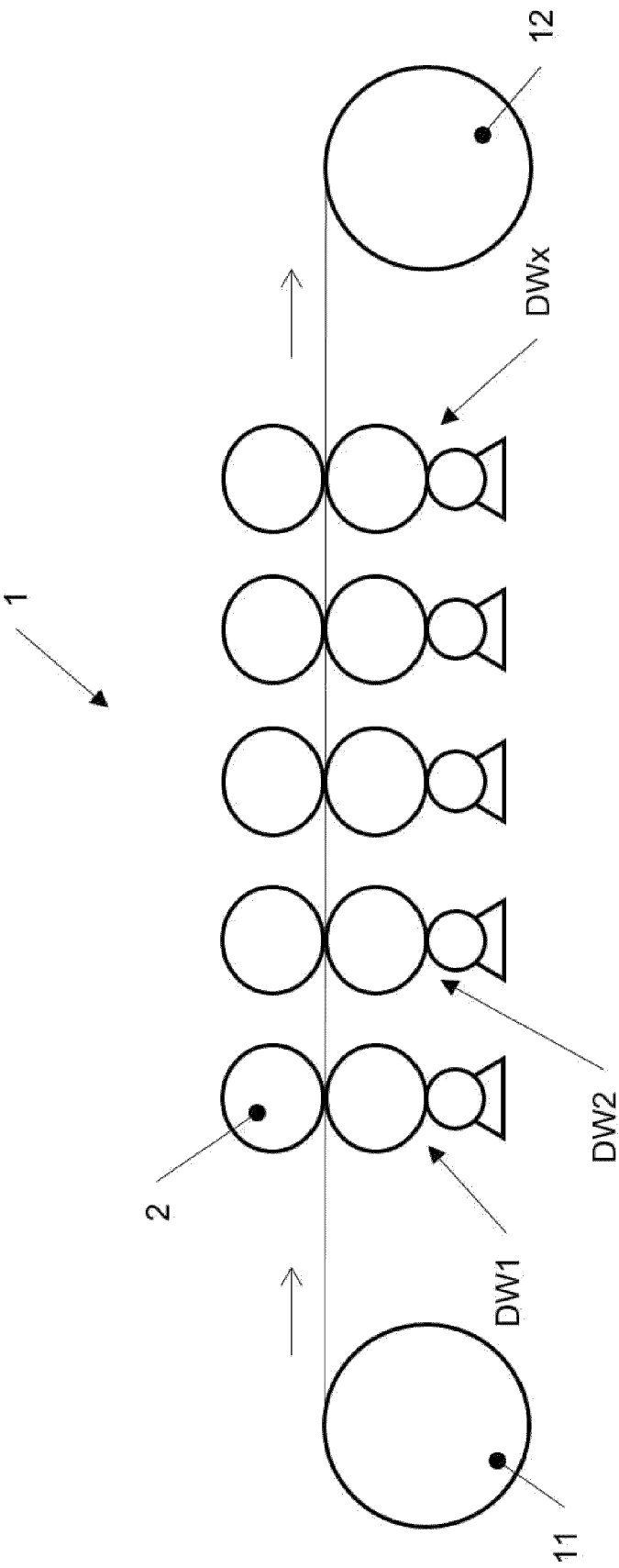
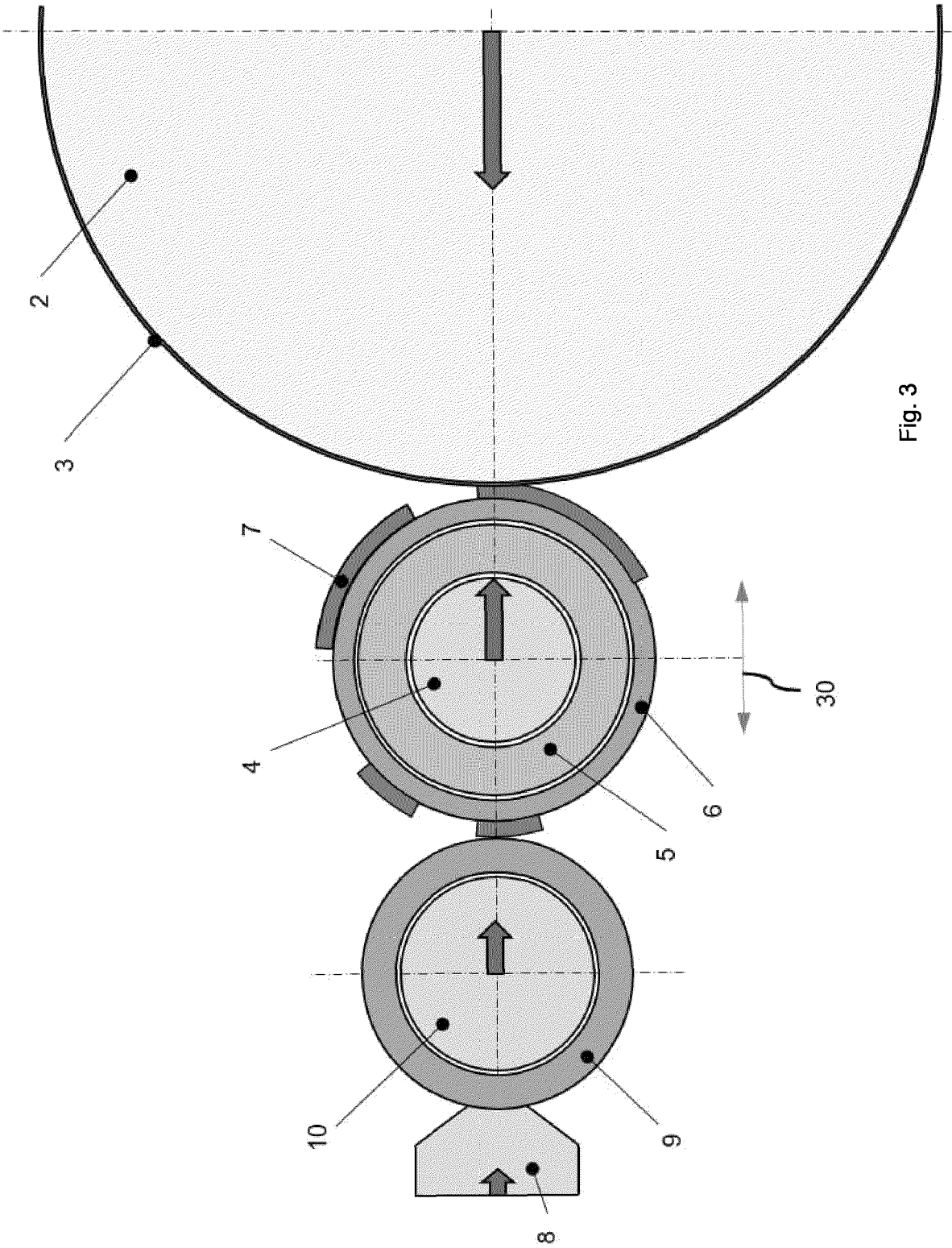


Fig. 2



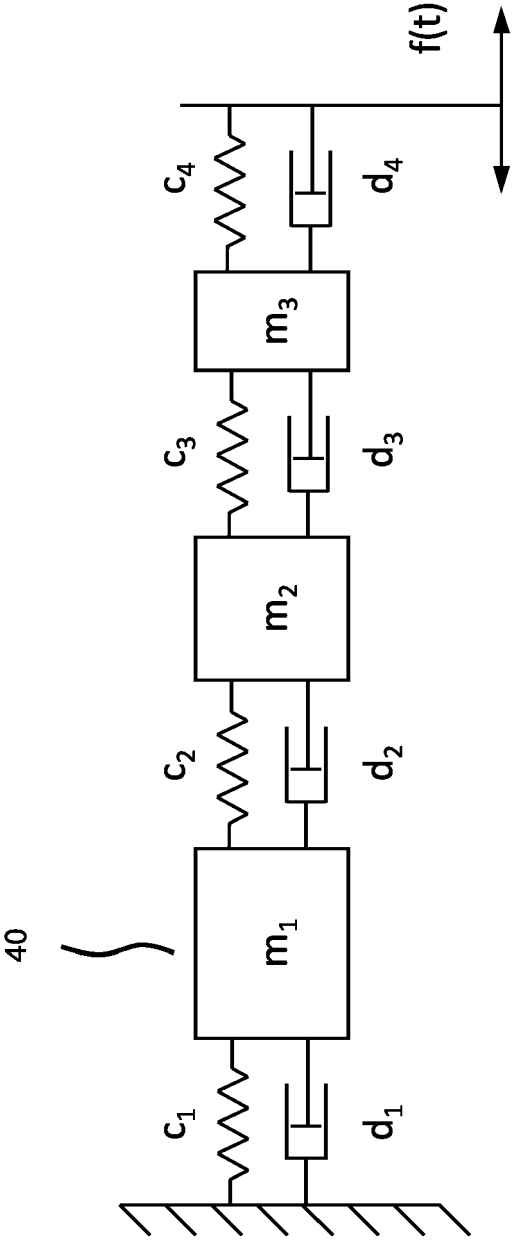


Fig. 4

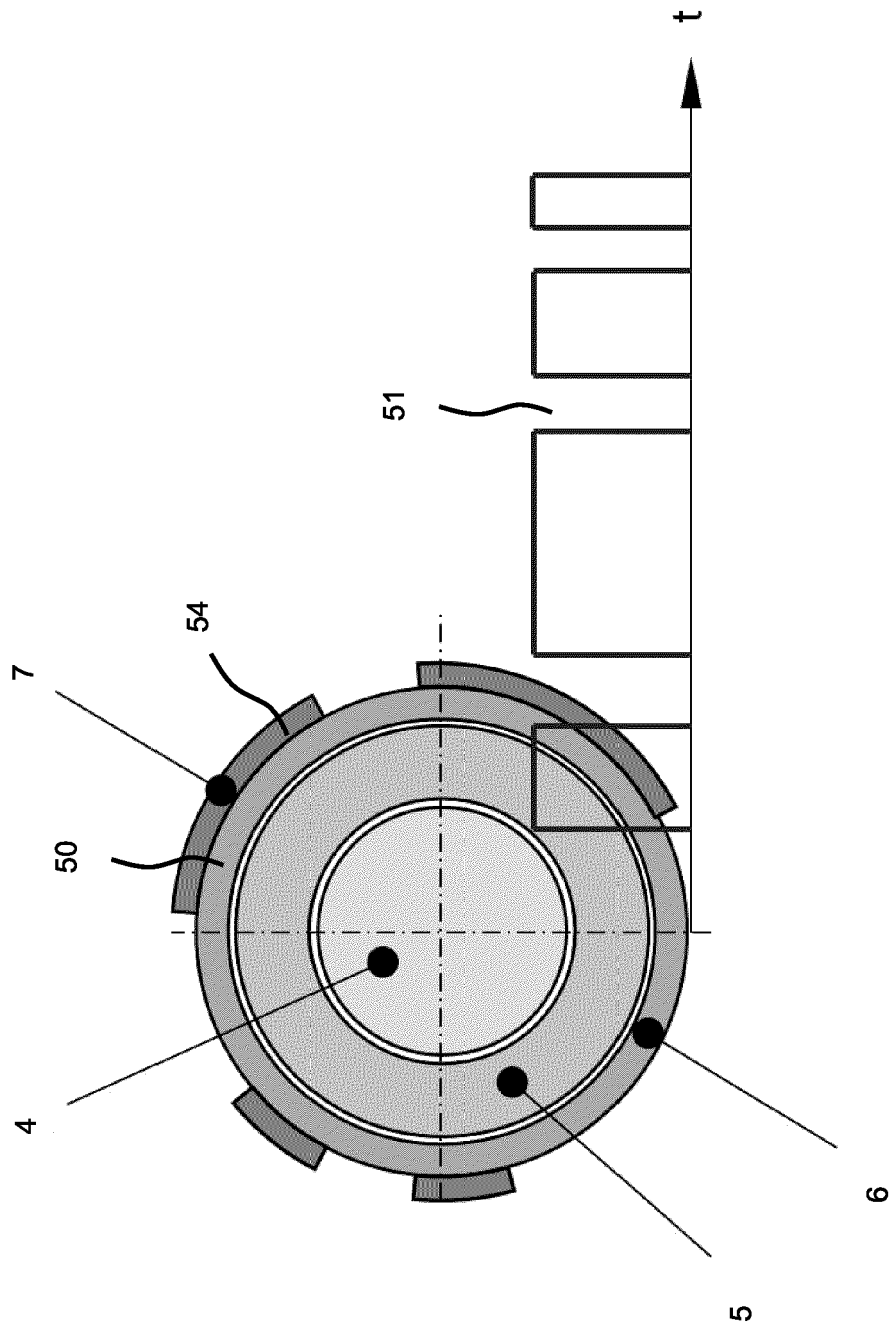


Fig. 5

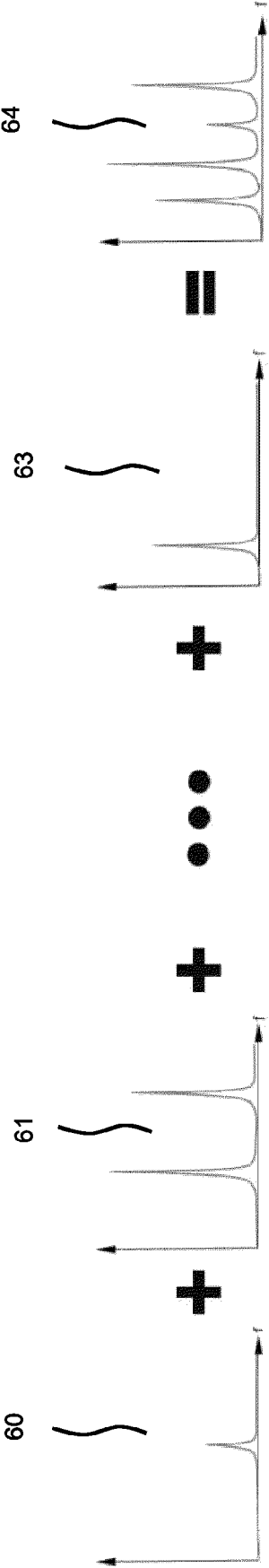


Fig. 6A

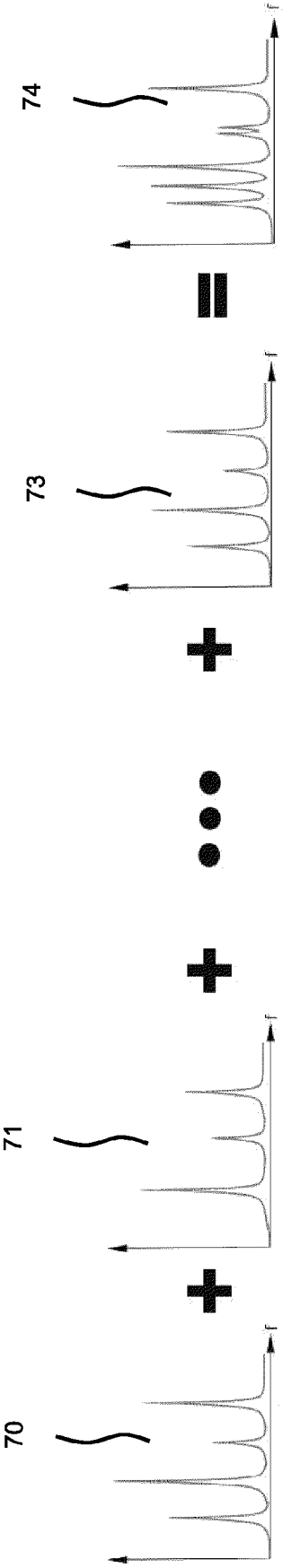


Fig. 7A

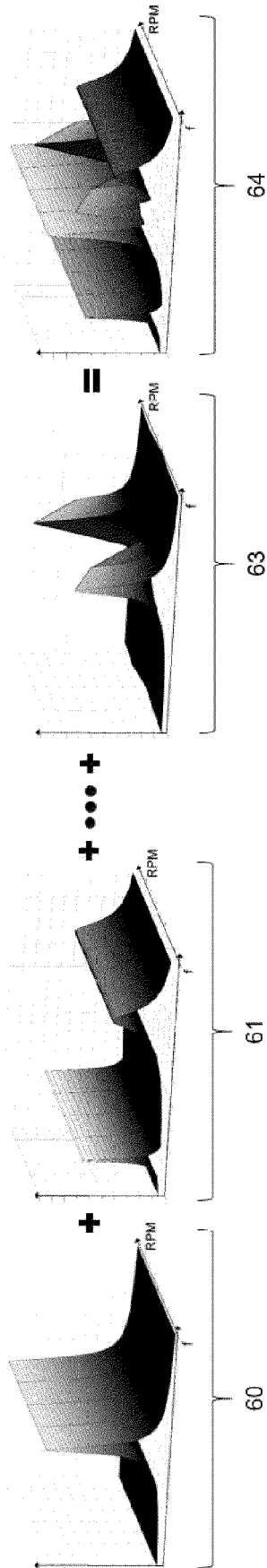


Fig. 6B

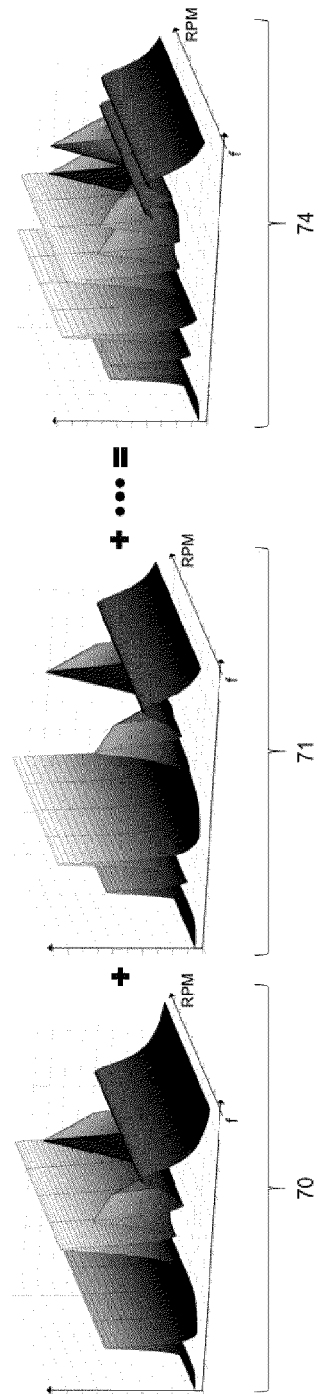


Fig. 7B

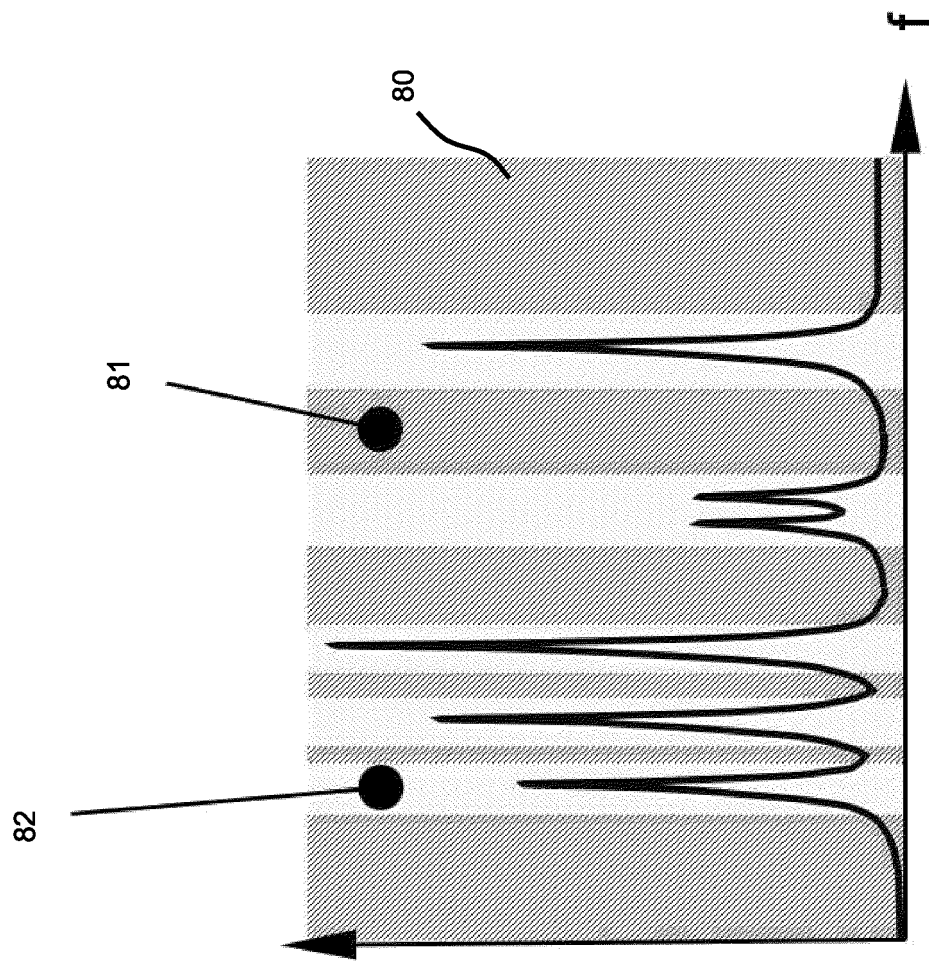


Fig. 8A

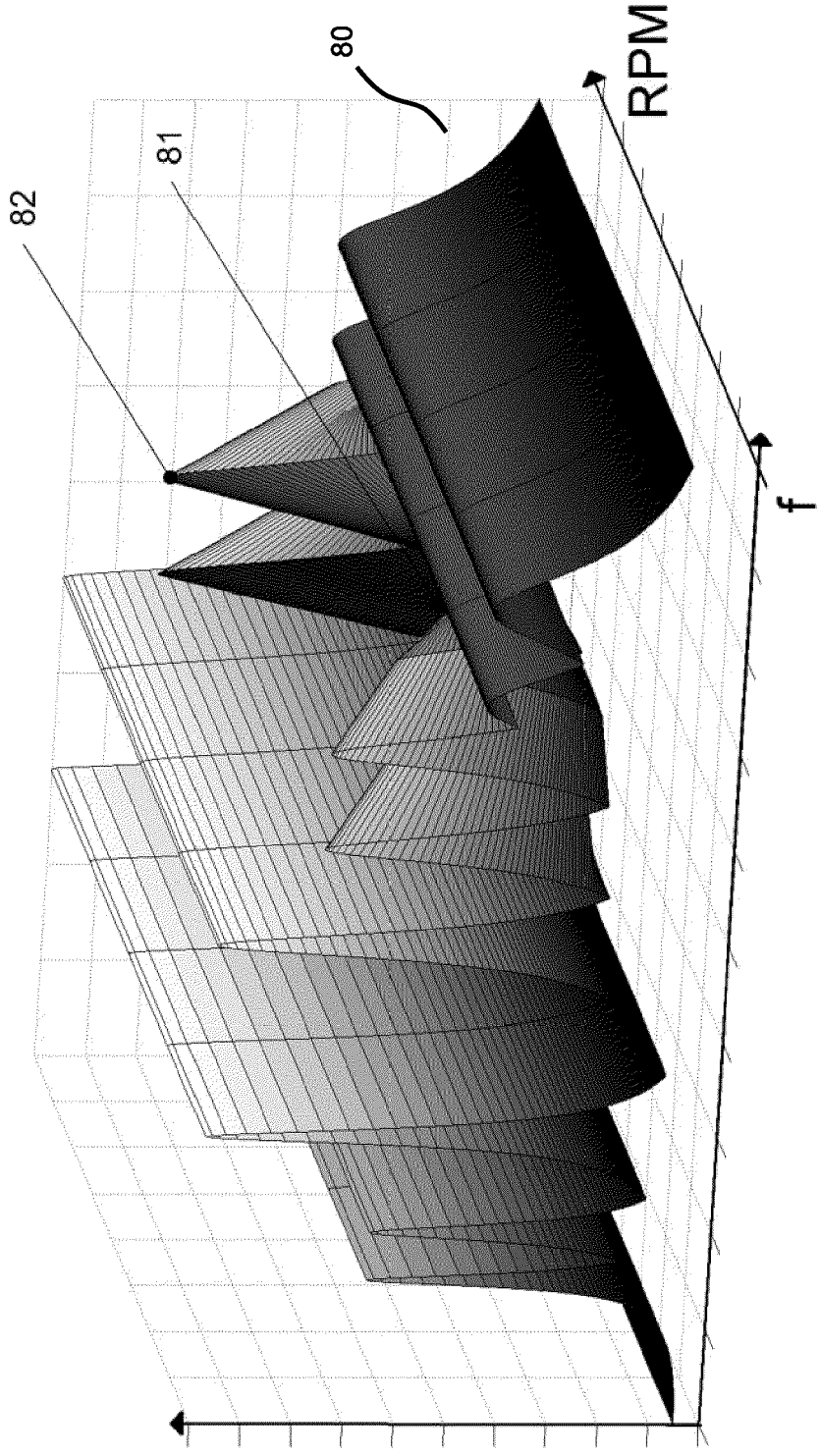


Fig. 8B

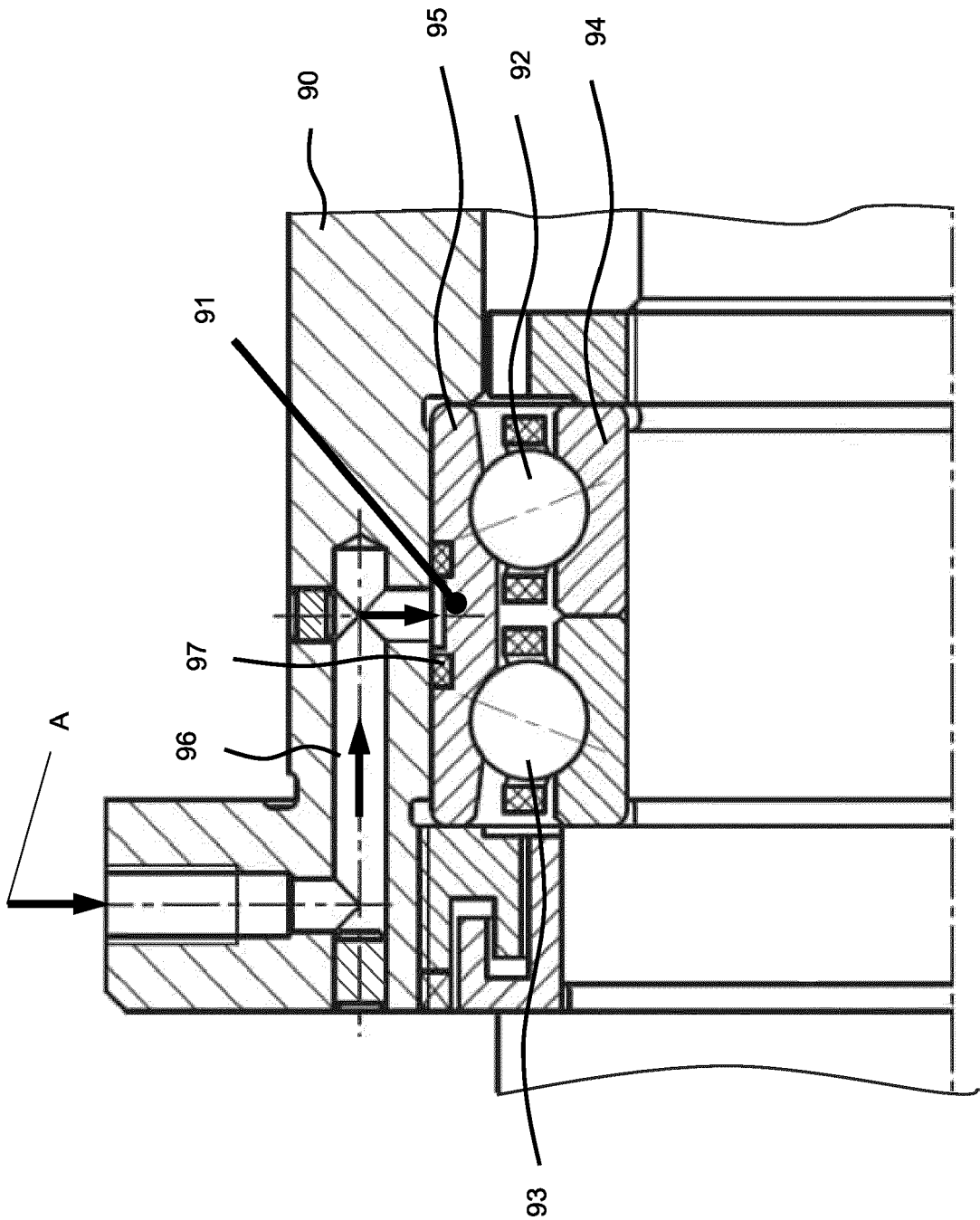


Fig. 9

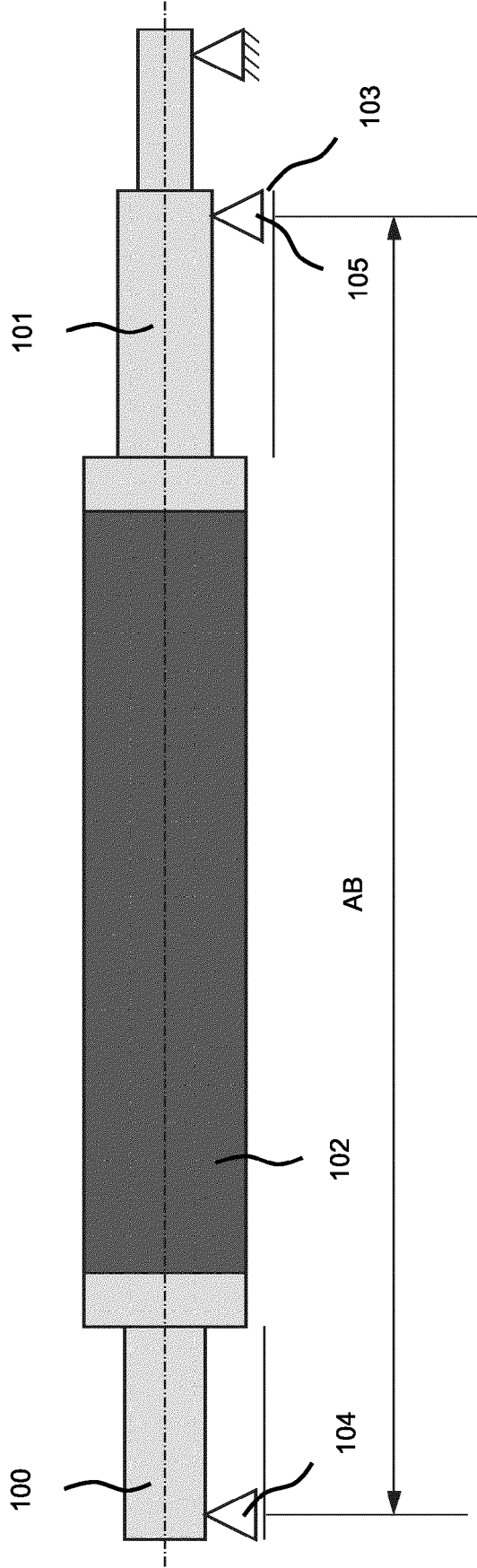


Fig. 10A

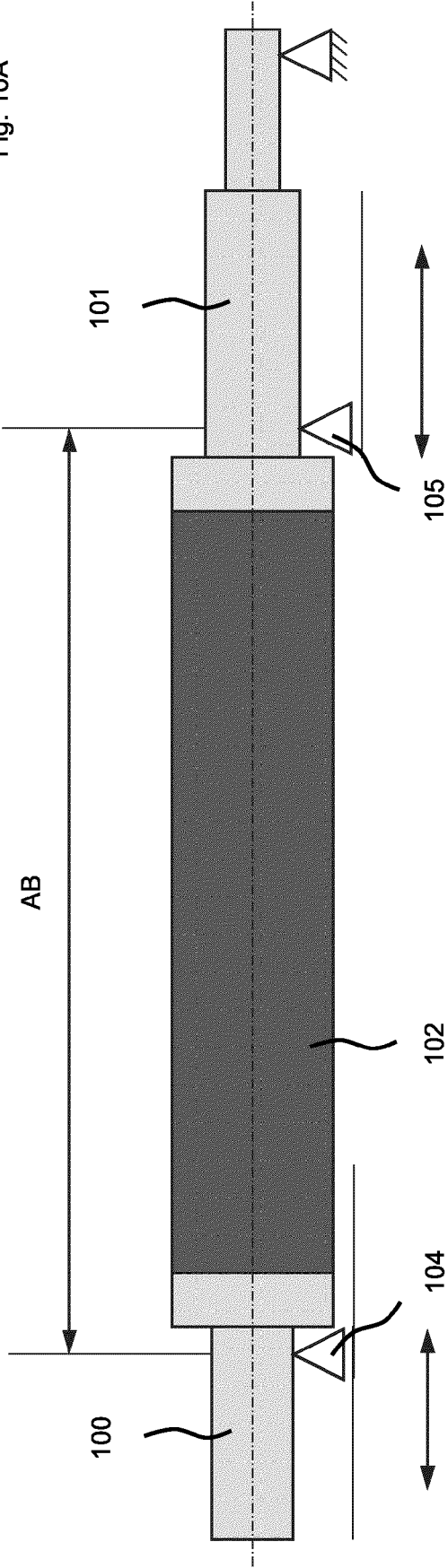


Fig. 10B

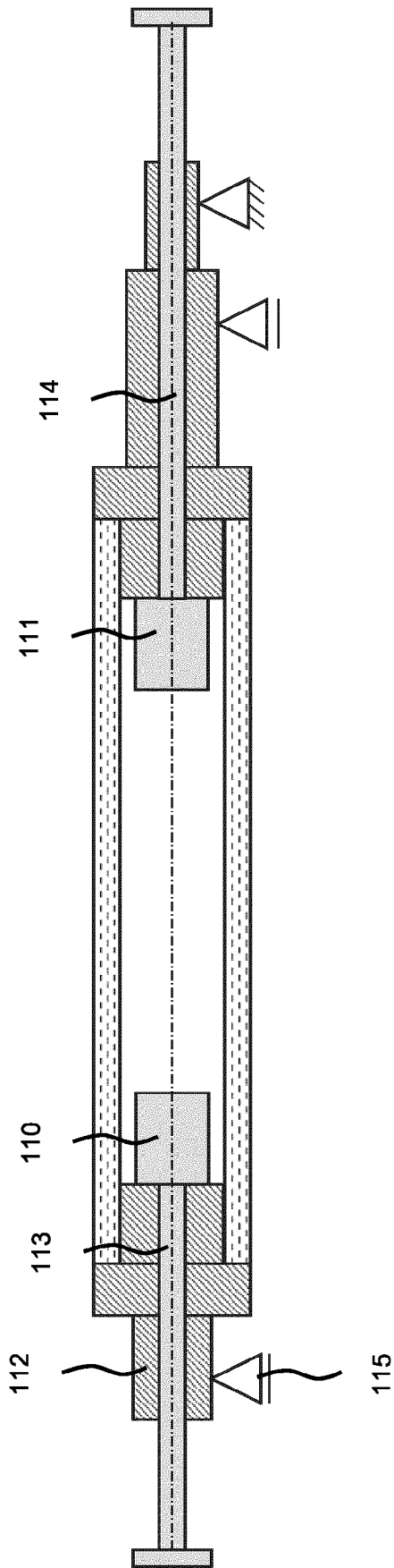


Fig. 11A

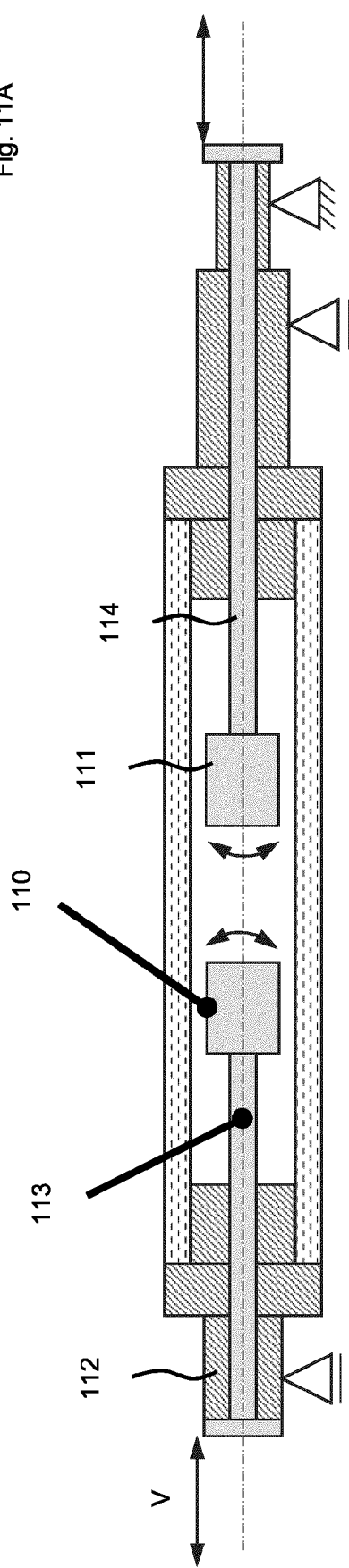


Fig. 11B

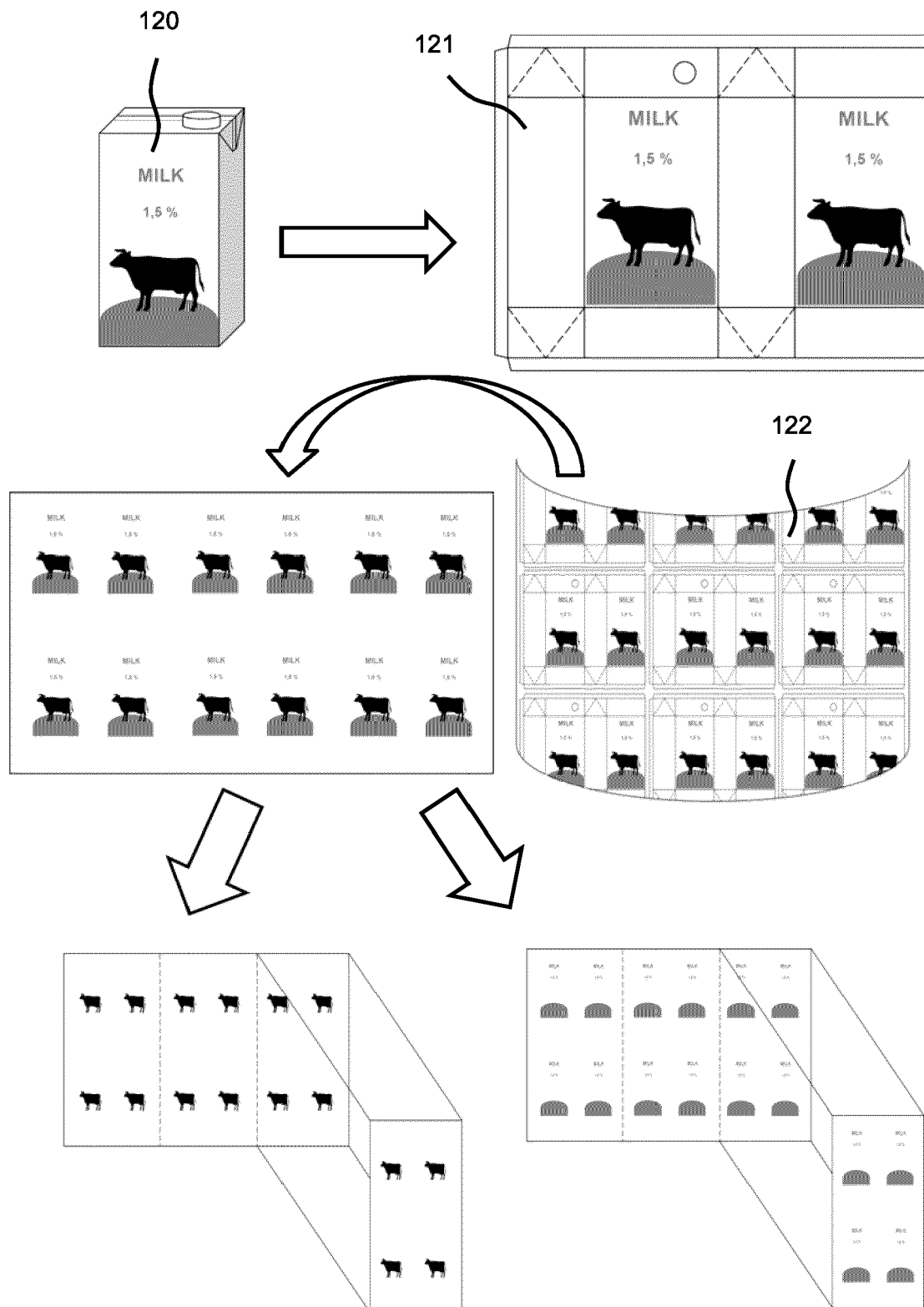


Fig. 12



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 24 17 0822

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	WO 2009/013355 A1 (WINDMOELLER & HOELSCHER [DE]; VEISMANN HERMANN-JOSEF [DE] ET AL.) 29. Januar 2009 (2009-01-29) * Abbildungen 1-4 * * Ansprüche 1,12 * * Seite 7, Zeile 3 - Seite 9, Zeile 14 * -----	1-11	INV. B41F13/08 B41F13/20 B41F33/00
X	DE 10 2005 012916 B3 (KOENIG & BAUER AG [DE]) 10. August 2006 (2006-08-10) * Abbildungen 1,2 * * Absätze [0015] - [0025] * -----	1-11	
X	DE 10 2004 062112 A1 (KOENIG & BAUER AG [DE]) 13. Juli 2006 (2006-07-13) * Abbildung 1 * * Absätze [0032] - [0058] * -----	1-11	
A	DE 102 04 322 C1 (KOENIG & BAUER AG [DE]) 3. April 2003 (2003-04-03) * das ganze Dokument * -----	1-11	
A	DE 10 2006 042959 A1 (KOENIG & BAUER AG [DE]) 22. November 2007 (2007-11-22) * das ganze Dokument * -----	1-11	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 10. September 2024	Prüfer Hajji, Mohamed-Karim
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem 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 17 0822

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.

10-09-2024

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	WO 2009013355 A1	29-01-2009	DE 102007035476 A1 EP 2173556 A1 US 2010126365 A1 WO 2009013355 A1	29-01-2009 14-04-2010 27-05-2010 29-01-2009
20	DE 102005012916 B3	10-08-2006	KEINE	
25	DE 102004062112 A1	13-07-2006	KEINE	
30	DE 10204322 C1	03-04-2003	KEINE	
35	DE 102006042959 A1	22-11-2007	KEINE	
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 3822080 A1 **[0004]**