

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
06.08.2008 Patentblatt 2008/32

(51) Int Cl.:
B21F 1/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08001318.8**

(22) Anmeldetag: **24.01.2008**

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

(71) Anmelder: **Schumag AG**
52076 Aachen (DE)

(72) Erfinder: Kudrus, Heiner
4700 Eupen (BE)

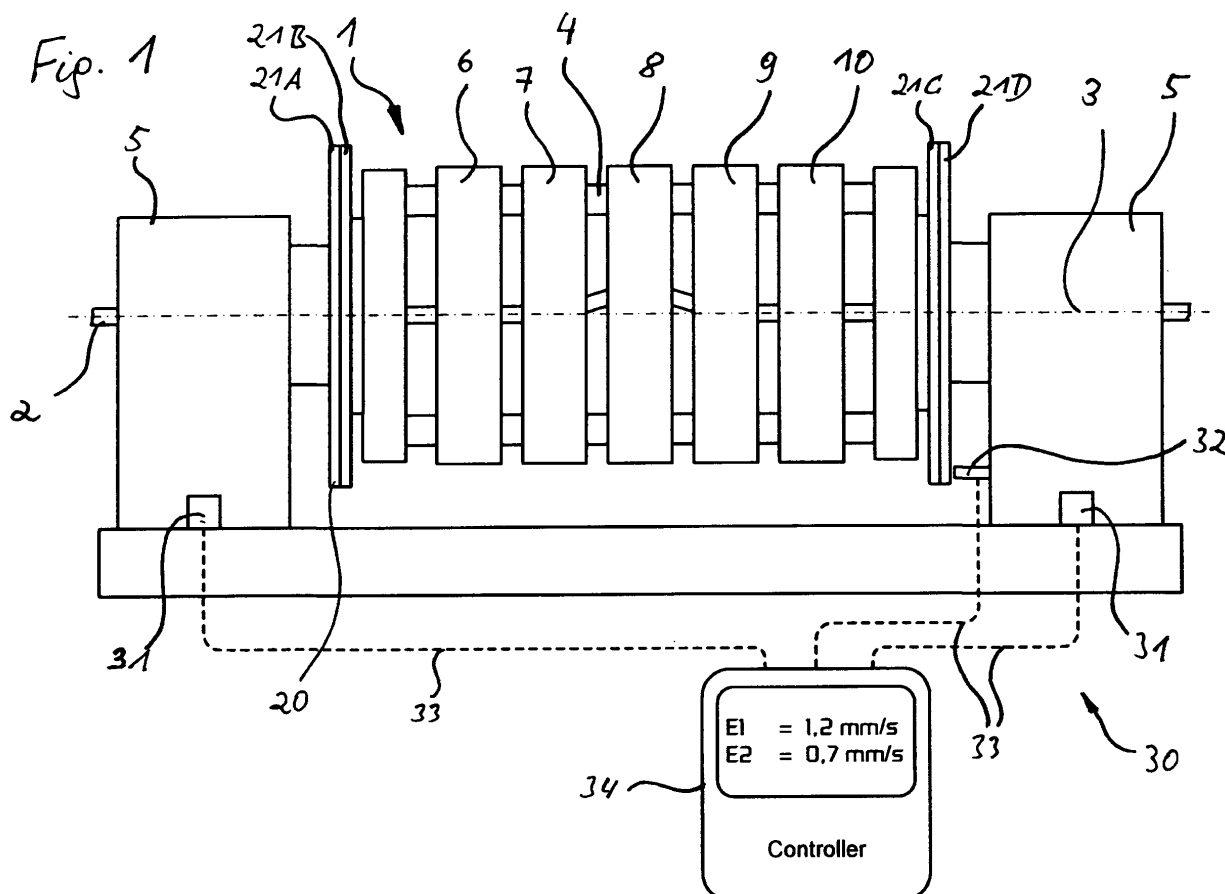
(74) Vertreter: **Reuther, Martin**
Patentanwalt
Zehnthofstrasse 9
52349 Düren (DE)

(30) Priorität: 02.02.2007 DE 102007006080
06.06.2007 DE 102007026728

(54) **Richtrotor, Rotorrichter sowie Richtverfahren**

(57) Bei einem Richtrotor (1) sind wenigstens zwei frei positionierbare Wuchtmittel (20), die axial bezüglich einer Drehachse (3) des Richtrotors im Wesentlichen

symmetrisch zu einer Mittelebene angeordnet sind, vorgesehen. Hierdurch können höhere Drehzahlen bzw. eine längere Lebensdauer erreicht werden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Richtrotor, einen Rotorrichter sowie ein entsprechendes Richtverfahren.

[0002] Ein derartiger Rotorrichter ist beispielsweise aus der US 1,936,679, der DE 10 34 576 B oder DE 39 10 221 A1 bekannt. Hierbei wird ein Stab oder ein ähnliches Werkstück durch ein umlaufendes Gestell eines Richtrotors geführt und mittels einiger Richtelemente derart radial ausgelenkt, dass er bzw. es seine vormalige Krümmung verliert und einen gewünschten Verlauf, vorzugsweise einen geradlinigen Verlauf, erhält. Hierbei zeigt die US 1,936,679 ein einlaufseitiges Richtelement sowie zwei auslaufseitige Richtelemente, welche in dem Gestell coaxial ein Werkstück greifen, während zwischen den einlauf- bzw. auslaufseitigen Richtelementen drei biegend wirksame zentrale Richtelemente vorgesehen sind, von denen ein zentrales Richtelement radial versetzt angeordnet ist. Der in der DE 39 10 221 A1 dargestellte Rotorrichter hingegen weist zwei einlaufseitige Richtelemente sowie zwei auslaufseitige Richtelemente auf, die ebenfalls in einem rotierenden Gestell eines Richtrotors gelagert sind, von denen jedoch die jeweils äußeren Richtelemente fest an dem rotierendem Gestell befestigt sind, während im übrigen die Richtelemente durch Wälzkörper gebildet werden. Auch der Richtrotor nach der DE 39 10 221 A1 weist drei innenliegende weitere Richtelemente auf, die jedoch allesamt radial versetzt angeordnet sind. Mit einem zentralen Richtelement und zwei auslauf- und zwei einlaufseitigen Richtelementen, die alle in einem rotierenden Gestelle gelagert sind, arbeitet der Richtrotor nach der DE 10 34 576 B.

[0003] Während der Richtrotor nach der US 1,936,679 als Richtelemente durchweg Walzenanordnungen verwendet, schlagen die DE 39 10 221 A1 und die DE 10 34 576 B durchweg die Verwendung von Richtdüsen vor.

[0004] Derartige Rotorrichter sind nicht zu verwechseln mit nicht rotierenden Richtapparaten, wie sie beispielsweise aus der DE 195 03 850 C1 oder aus der DE 43 25 492 A1 bekannt sind und bei welchen bereits ein hoher Automatisierungsgrad bei der Justierung der Richtelemente erreicht ist, wie in diesen Druckschriften und auch von Marcus Paech in seinem Artikel "Innovative Richttechnik" in Draht 2/1999, Seiten 46 bis 51 dargelegt wird.

[0005] Dementsprechend bestehen auch Bestrebungen, bei Richtflügelrotoren bzw. Rotorrichtern den Automatisierungsgrad zu erhöhen, wie dieses beispielsweise in der DE 197 09 733 C2, in der DE 25 23 831 B2, in der DE 43 11 566 A1 und in der WO 03/084695 A1 offenbart ist. Hierbei beschränken sich die jeweiligen Maßnahmen zunächst jedoch auf Versuche, Richtelemente in geeigneter Weise zu positionieren. Bei der Umsetzung dieser Ansätze hat sich herausgestellt, dass durch diese Justiereinrichtungen erhebliche bauliche Maßnahmen in dem Richtrotor bzw. in einer entsprechenden Richtmaschine notwendig werden, die einerseits einen derartigen Richtrotor bzw. eine derartige Richtmaschine äußerst

kostspielig werden lassen und die andererseits, bedingt durch erhebliche Fliehkräfte, Wuchtungsprobleme mit sich bringen bzw. lediglich im Stillstand des Rotors betriebssicher eingesetzt werden können.

[0006] Es ist Aufgabe vorliegender Erfindung, einen Richtrotor bzw. einen Rotorrichter sowie ein Richtverfahren mit einem Richtrotor derart weiterzuentwickeln, dass höhere Drehzahlen gefahren werden können.

[0007] Als Lösung schlägt die Erfindung einerseits einen Richtrotor vor, welcher sich durch wenigstens zwei frei positionierbare Wuchtmittel auszeichnet, die axial bezüglich einer Drehachse des Richtrotor im wesentlichen symmetrisch zu einer Mittelebene angeordnet sind.

[0008] In Abweichung zum Stand der Technik lassen sich über frei positionierbare Wuchtmittel Änderungen in der Masseverteilung des Richtrotors, insbesondere wenn sie beispielsweise auch durch das Werkstück bedingt sind, berücksichtigen. Fest vorgesehene Wuchtmittel, wie beispielsweise Wuchtbohrungen oder auch vorgegebene und ansetzbare Wuchtmassen, die in Abhängigkeit von einer Arbeitsstellung von Richtelementen angesetzt werden können, wie diese beispielsweise in der DE 35 46 029 C2 offenbart sind, sind insbesondere hierzu nicht in der Lage. Auch können derartige Maßnahmen eine Feineinstellung, wie sie beispielsweise bei einer individuellen Nachjustierung der Richtmittel notwendig ist, in der Regel nicht bewerkstelligen.

[0009] Erst durch die erfindungsgemäßen frei positionierbaren Wuchtmittel kann der Schwerpunkt - und bedingt durch die Anordnung der Wuchtmittel axial bezüglich einer Drehachse des Richtrotors im Wesentlichen symmetrisch zu der Mittelebene auch die Schwerpunktschwerachse - optimal ausgerichtet werden, was letztlich erst entsprechend hohe Drehzahlen erlaubt.

[0010] Je nach konkreten Erfordernissen können die Wuchtmittel einerseits im Wesentlichen spiegelsymmetrisch bezüglich der Mittelebene oder andererseits im Wesentlichen punktsymmetrisch bezüglich eines Schwerpunkts des Richtrotors bzw. bezüglich eines Mittelpunkts des Richtrotors ausgerichtet sein. Während der Schwerpunkt vorliegend das theoretische oder tatsächliche Ergebnis einer Masseverteilung des Richtrotors in einem idealisierten Zustand darstellt, stellt letzterer eine rechnerische Größe aufgrund der räumlichen Verteilung des Richtrotors dar. Hierbei versteht es sich, dass Abweichungen von diesen Punkten durch die Wuchtmittel entsprechend aufgeglichen werden können. Eine derartig symmetrische Anordnung ist an sich verhältnismäßig einfach bereitzustellen und ermöglicht insbesondere eine Ausrichtung sowohl des Schwerpunkts als auch einer Schwerpunktschwerachse, um etwaige Unwuchten zu minimieren und damit eine maximale Drehzahl zu ermöglichen.

[0011] Dementsprechend ist es, unabhängig von der genauen Anordnung der Wuchtmittel vorteilhaft, wenn diese in zweiter Ordnung, das heißt insbesondere bezüglich der Schwerpunktschwerachse, welche in ihrer absoluten Lage sowie in ihrer Richtung ausrichtbar sein sollte, wirksam sind. Letzteres lässt sich insbesondere baulich

besonders einfach durch genau zwei Wuchtmittel, die in zweiter Ordnung entsprechend wirksam sind, entsprechend umsetzen.

[0012] Vorzugsweise sind die Wuchtmittel während des Umlaufens verstellbar, so dass etwaige Schwankungen, die insbesondere beispielsweise durch Wanderungseffekte bzw. durch Schwankungen im Werkstück auftreten können, unmittelbar und zeitnah aufgefangen werden können. Es versteht sich hierbei, dass während des Umlaufens verstellbare Wuchtmittel auch unabhängig von den übrigen Merkmalen vorliegender Erfindung bei einem Richtrotor entsprechend vorteilhaft zur Anwendung kommen können.

[0013] Vorzugsweise können die Wuchtmittel Wuchtmassen umfassen, die während des Umlaufens entsprechend verstellbar sind. Mittels derartiger Wuchtmassen lässt sich eine Ausrichtung der Schwerpunktachse besonders einfach und präzise realisieren.

[0014] Letzteres gilt insbesondere dann, wenn die Wuchtmassen in Umfangrichtung verlagerbar sind, wodurch insbesondere auch bei hohen Drehzahlen eine betriebssichere Verstellung gewährleistet werden kann, als dieses bei Anordnungen nach dem Stand der Technik möglich ist, da auf die Wuchtmassen wirkende Fliehkräfte bei einer Bewegung in Umfangrichtung keine Rolle spielen. Dementsprechend versteht es sich, dass in Umfangsrichtung verlagerbare Wuchtmassen auch unabhängig von den übrigen Merkmalen vorliegender Erfindung vorteilhaft sind.

[0015] In Umfangsrichtung verlagerbare Wuchtmassen lassen sich besonderes einfach durch Wuchtscheiben realisieren, wobei in einer besonders einfachen Ausgestaltung eine derartige Wuchtscheibe asymmetrisch zu ihrer Mittelachse eine Ausnehmung aufweisen kann, so dass der Schwerpunkt beziehungsweise die Schwerpunktsachse der Wuchtscheibe von der Mittelachse abweicht. Mit zwei derartigen Wuchtscheiben lässt sich dann der Gesamtschwerpunkt innerhalb eines durch die Masseexzentrizität der Wuchtscheiben definierten Maximalradius beliebig ausrichten. Derartige Wuchtscheiben lassen sich insbesondere verhältnismäßig präzise - und ggf auch bei hohen Drehzahlen - entsprechend einstellen.

[0016] Darüber hinaus schlägt die Erfindung einen Rotorrichter mit einem Richtrotor vor, welcher sich durch eine Einrichtung zur Unwuchtmessung des Richtrotors auszeichnet. Durch eine derartige Anordnung kann, in Abweichung zum Stand der Technik die Unwucht des Richtrotors in dem Rotorrichter erfasst werden, so dass auch Einflüsse der Lagerung und Ähnliches mit erfasst werden können. Dieses gewährleistet eine wesentlich genauere Erfassung der Unwucht, so dass höhere Drehzahlen ermöglicht werden.

[0017] Insbesondere ist es vorteilhaft, wenn die Messeinrichtung während des Richtens wirksam ist bzw. sein kann, so dass auch Einflüsse, die während des Richtens auftreten, dementsprechend erfasst werden können.

[0018] Vorzugsweise erfasst die Messeinrichtung Un-

wuchten zweiter Ordnung, so dass durch entsprechende Wuchtmittel die Schwerpunktachse des Richtrotors optimal ausgerichtet werden kann.

[0019] Da in der Regel in einem Maschinenpark mehrerer Rotorrichter zur Anwendung kommen, kann die Messeinrichtung vorzugsweise eine entkoppelbar Messauswertung umfassen, so dass die Messauswertung an mehreren Rotorrichtern zur Anwendung kommen kann. Auf diese Weise lassen sich Kosten sparen, wobei gegebenenfalls sogar die Sensorik entkoppelbar ausgebildet sein kann.

[0020] Darüber hinaus schlägt die Erfindung ein Richtverfahren mit einem Richtrotor vor, welches sich dadurch auszeichnet, dass während des Richtens die Unwucht des Richtrotors gemessen wird. Auf diese Weise können insbesondere Einflüsse des Werkstücks bzw. während des Richtens auftretende Schwankungen erfasst werden, so dass eine Schwerpunktachse optimal ausgerichtet werden kann, wodurch die Drehzahlen dementsprechend erhöht werden können.

[0021] Vorzugsweise werden Wuchtmassen auch während des Richtens entsprechend der Messergebnisse verstellt, so dass der Richtrotor dementsprechend während des Richtens optimal ausgewuchtet ist.

[0022] Letzteres erfolgt vorzugsweise durch die Definition einer Schwerpunktachse, die dann dementsprechend vorzugsweise durch Wuchtmassen bezüglich der Drehachse ausgerichtet wird.

[0023] Es versteht sich, dass vorliegende Erfindung nicht nur zur Erhöhung der Drehzahlen zur Anwendung kommen kann. Bei gleichen Drehzahlen bedingt vorliegende Erfindung eine Entlastung des Materials, so dass ggf. die Lebensdauer erhöht bzw. mit geringeren Stabilitäten gearbeitet werden kann. Insbesondere kann durch die Vorortmessung der Unwucht und/oder ein Vorortwuchten die Rüstzeit für einen entsprechenden Richtrotor auch erheblich reduziert werden. Darüber hinaus kann durch die Kopplung von Vorortmessung und Vorortwuchten ein entsprechender Regelkreis ausgebildet werden, der ein besonders präzises Auswuchten, insbesondere ohne komplexe theoretische Überlegungen sondern lediglich anhand der tatsächlich auftretenden Messergebnisse und Unwuchten, ermöglicht.

[0024] Vorzugsweise umfasst der Richtrotor in einer besonderen Ausgestaltung Wuchtelemente, welche über einen Wuchtrieb bezüglich der Richtrotorachse positionierbar und über eine Fixierung in einer Position fixierbar sind, wobei der mitrotierende Wuchtrieb und die Fixierung über einen linearen Weg von außen zugänglich und über einen diesen Weg umlaufende oder entlang dieses Weges gerichtete Bewegung zu betätigen sind. Auf diese Weise kann der Richtrotor zuverlässig und schnell nach Bedarf gewuchtet werden.

[0025] Ebenso kann der Richtrotor wenigstens ein über eine Justiereinrichtung radial justierbaren Richtelement umfassen, wobei die Justiereinrichtung einen mitrotierenden Stelltrieb und eine Fixierung aufweist und der mitrotierende Stelltrieb und die Fixierung über einen

linearen Weg von außen zugänglich und über eine um diesen Weg umlaufende oder entlang dieses Weges gerichtete Bewegung zu betätigen sind.

Dieser Ansatz weicht unabhängig von den Merkmalen vorliegender Erfindung von den bis dato für eine Automatisierung getätigten Überlegungen ab, welche verhältnismäßig komplexe Justierungen am Rotor verlangen. Vorliegender Ansatz greift somit an sich auf die bereits seit 1933 aus der US 1,936,679 bekannten Richtrotoren zurück und ermöglicht bei diesen durch geeignete Ausgestaltung des mitrotierenden Stelltriebs und der Fixierung, dass diese betriebssicher auch von einem Automaten zu betätigen sind.

[0026] So weist der Richtrotor nach der US 1,936,679 jeweils seitliche, tief im Inneren des rotierenden Gestells vorgesehene Klemmschrauben auf, welche von einem Automaten unter vertretbarem Aufwand an sich nicht betriebssicher erfasst und zu betätigen sind. Auch bei der DE 39 10 221 A1 ist eine Betätigung der Fixierung für die Richtelemente durch einen Automaten nicht möglich, da ein Öffnen der die Richtelemente justierenden Schrauben zu einem völligen Ladeverlust der Schrauben bzw. der Richtelemente selbst führen würde. Für eine Betätigung sind demnach noch weitere Maßnahmen, wie beispielsweise eine Zwischenfixierung der Richtelemente oder der Befestigungsklammern und Schrauben oder ähnliches notwendig.

[0027] Dieser Ansatz geht dementsprechend abweichend von den Überlegungen aus dem Stand der Technik von der Grunderkenntnis aus, dass für eine automatische Justierung, und somit für eine erhebliche Verbesserung und Reproduzierbarkeit des Richtergebnisses, ein Richtrotor in eine Justierposition verfahren werden soll, in welcher dann von außen, mit einem Automaten der entsprechenden Richtmaschine eine Justierung erfolgt. Es versteht sich, dass ein derartiger Ansatz bei Richtrotoren, die ein Wuchten während des Rotierens ermöglichen, nicht notwendig ist.

[0028] Dementsprechend schlägt dieser Ansatz darüber hinaus auch unabhängig von den übrigen Merkmalen vorliegender Erfindung einen Rotorrichter mit einem Richtrotor mit wenigstens einem über eine Justiereinrichtung radial justierbaren Richtelement vor, wobei die Justiereinrichtung einen mitrotierenden Stelltrieb und eine Fixierung sowie einen stationären Antrieb umfasst, welche Richtmaschine sich dadurch auszeichnet, dass sowohl der Richtrotor als auch der stationäre Antrieb eine Justierposition, in welcher der stationäre Antrieb mit dem Stelltrieb und/oder der Fixierung in Wirkverbindung tritt, und der stationäre Antrieb eine von der Justierposition abweichende Betriebsposition aufweisen, in welcher der Richtrotor frei rotierbar ist. Auf diese Weise kann in der Justierposition das Richtelement durch den stationären Antrieb justiert werden, während in der Betriebsposition der stationäre Antrieb eine Rotation des Rotors nicht behindert.

[0029] Auch schlägt dieser Ansatz unabhängig von den übrigen Merkmalen vorliegender Erfindung dement-

sprechend ein Verfahren zur Justierung eines Richtelements eines Richtrotors vor, welches sich dadurch kennzeichnet, dass bei Stillstand des Richtrotors ein stationärer Antrieb mit einem Stelltrieb und/oder einer Fixierung des Richtelements wirkverbunden, dann durch gezielte Ansteuerung des Antriebs das Richtelement justiert, gelöst bzw. fixiert sowie anschließend der Antrieb und der Stelltrieb getrennt werden.

[0030] Insofern weicht dieser Ansatz von den Vorgaben nach dem Stand der Technik und auch von den während des Umlaufens verstellbaren, vorstehend beschriebenen Wuchtmitteln ab, die eine Düsenjustierung bei rotierendem Rotor ermöglichen bzw. zu ermöglichen suchen. Hierdurch ermöglicht es vorliegende Erfindung, eine entsprechende Richtmaschine gegenüber dem Stand der Technik wesentlich kostengünstiger auszugestalten, obgleich ein während des Umlaufens mögliches Auswuchten über Wuchtscheiben ebenfalls kostengünstig realisierbar ist. Darüber hinaus kann der entsprechende Richtrotor wesentlich leichter und besser ausgewuchtet ausgebildet werden, da ein mitlaufender Antrieb für den Wuchtrieb nicht benötigt wird, wodurch höhere Drehzahlen und somit eine höhere Leistung des Richtrotors gewährleistet wird. Darüber hinaus ermöglicht es dieser Ansatz, auf verhältnismäßig kostengünstige Weise mehrere, wenn nicht alle, Richtelemente nach Bedarf mittels eines Automaten zu justieren, was bei bekannten Vorrichtungen nicht bzw. nur unter erheblichem Aufwand möglich ist.

[0031] Der eigentliche Justiervorgang kann dabei der Gestalt erfolgen, dass zunächst der Richtrotor in seiner Justierposition angehalten wird. Dann kann der stationäre Antrieb entsprechend in seine Justierposition gebracht werden. Durch eine Wirkverbindung zwischen dem stationären Antrieb mit dem Stelltrieb bzw. der Fixierung kann das Richtelement dann gelöst, geeignet verlagert bzw. justiert und/oder wieder befestigt werden.

[0032] Dementsprechend wird kumulativ bzw. alternativ ein Rotorrichter mit einem Richtrotor mit wenigstens einem über eine Justiereinrichtung radial justierbaren Richtelement vorgeschlagen, bei welchem die Justiereinrichtung einen mitrotierenden Stelltrieb und eine Fixierung sowie einen stationären Antrieb umfasst und welcher sich dadurch auszeichnet, dass im Antriebsstrang zwischen stationären Antrieb und mitrotierendem Stelltrieb bzw. Fixierung eine Trenneinrichtung vorgesehen ist.

[0033] Eine entsprechende Trenneinrichtung kann beispielsweise über den Kopf einer Schraube und das komplementäre Gegenstück eines Schraubendrehers realisiert werden. Andererseits kann auch jede andere lösbare Verbindung, mit welcher ein Antrieb mit einem entsprechenden Stelltrieb bzw. mit einer entsprechenden Fixierung lösbar wirkverbunden werden kann, zur Anwendung kommen.

[0034] Der vorstehend beschriebene Ansatz kann in unmittelbar nachvollziehbarer Weise auch für einen Wuchtrieb und dessen Fixierung zur Anwendung kom-

men.

[0035] Vorzugsweise weisen der Stelltrieb bzw. der Wuchttrieb und die Fixierung einen gleichen Anschluss auf, so dass der stationäre Antrieb nach Bedarf zu der Fixierung bzw. zu dem Stelltrieb oder einem Wuchttrieb verlagert und mit diesem wirkverbunden werden kann. Auf diese Weise kann ein einziger stationärer Antrieb für verschiedene Stelltriebe, Wuchttriebe bzw. Fixierungen genutzt werden. In diesem Zusammenhang sei betont, dass sich der Begriff "stationär" lediglich auf die Rotation des Richtrotors bezieht. Ansonsten kann der stationäre Antrieb beispielsweise entlang des Richtrotors verlagerbar sein. Dieses kann beispielsweise in baulich besonders einfacher Weise über eine lineare Stelleinrichtung geschehen. Darüber hinaus können auch Mittel vorgesehen sein, mit denen der stationäre Antrieb radial bezüglich des Richtrotors verlagert werden kann, so dass er, wenn er bezüglich des jeweiligen Stelltriebs oder Wuchttriebs bzw. der jeweiligen Fixierung axial positioniert ist, mit dem Stelltrieb oder Wuchttrieb bzw. der Fixierung wirkverbunden also in seine Justierposition gebracht werden kann, in dem beispielsweise die Trenneinrichtung geschlossen bzw. in Wirkverbindung gebracht wird.

[0036] Je nach konkreter Ausgestaltung der Stell- bzw. Wuchttriebe bzw. der Fixierung können diese auch einen identischen Anschluss aufweisen. Dieses kann insbesondere dann der Fall sein, wenn für die Stell- bzw. Wuchttriebe selbsthemmende Gewinde oder sonstige selbsthemmende Einrichtung zur Anwendung kommen, die dementsprechend sowohl auch als Fixierung dienen können. Andererseits sind etwas komplexere Anordnungen denkbar, bei denen ein Justieren, also ein Verstellen sowie der Betriebsumgebung angepasstes, ausreichendes Fixieren, über einen identischen Anschluss gewährleistet werden kann.

[0037] Alternativ können Stell- bzw. Wuchttrieb und Fixierung auch getrennt ausgebildet sein. So sind beispielsweise einander entgegengesetzt wirksame Schrauben oder sonstige Gewindeanordnungen denkbar, bei denen ein Lösen der einen Schraube eine Verlagerung bzw. Verstellung des Richtelementes mittels der anderen Schraube ermöglicht. Auch hier sind verschiedenste, konkrete Umsetzungen möglich, mittels derer auf baulich einfache Weise ein Richtelement bzw. ein Wuchtmittel oder eine Wuchtmasse justiert, das heißt, geeignet verstellt und fixiert werden kann.

[0038] Da derartige Richtrotoren mit bis zu 8.000 U/min und mehr rotieren, erweisen sich Richtzeiten für eine Verstellung der Richtelemente bzw. Wuchtmassen als kritisch. Dieses insbesondere dann, wenn eine Justierung bei einem Stillstand des Richtrotors erfolgt, da es eine erhebliche Zeit dauert, bis die entsprechenden Drehzahldifferenzen durchlaufen sind. Dieses ist offensichtlich auch der Anlass für die Bestrebungen, ein Justieren bei laufendem Richtrotor zu ermöglichen. Von diesen Überlegungen abweichend, ist vorliegender Ansatz zu der Erkenntnis gelangt, dass die Zeitverluste,

welche durch ein Justieren bei stillstehendem Richtrotor bedingt sind, sich in Grenzen halten lassen, wenn vor und nach gegebenenfalls auch während des Justierens der Drehsinn des Richtrotors beibehalten wird. Insbesondere sollte vermieden werden, dass während des Justierens eine Drehsinnumkehr erfolgt. Eine derartige Vorgehensweise ermöglicht es insbesondere, dass ein Justieren der Richtelemente oder Wuchtmassen auch bei in dem Richtrotor vorhandenem Werkstück erfolgen kann. Dementsprechend erfolgt bereits während der Beschleunigungsphasen, sowohl bei einer Drehzahlerhöhung als auch bei einer Drehzahlabsenkung, ein Richten des Werkstücks, allerdings mit gesenktem Durchsatz.

[0039] Durch die Verwendung eines Automaten zum Justieren kann jedoch bei diesem Ansatz die Stillstandzeit auf ein Minimum reduziert werden, so dass durch die Justierung während des Stillstands nur minimale Zeitverluste bedingt sind, welche die vorstehend beschriebenen Vorteile, insbesondere eine erhöhte Drehzahl und somit einen erhöhten Durchsatz, nur unwesentlich schmälern. In diesem Zusammenhang versteht es sich, dass die Beibehaltung des Drehsinns vor, nach bzw. während Justierens unter Stillstand sowie die Justierung bei schon eingelegtem Werkstück einzeln oder zusammen auch unabhängig von den übrigen Merkmalen vorliegender Erfindung für die Justierung der Richtelemente eines Richtrotors unter zu Hilfenahme eines die Justierung bewirkenden Automaten vorteilhaft ist.

[0040] Sowohl der Richtrotor als auch ein stationärer Antrieb der Richtmaschine können vorzugsweise Positionierpositionen aufweisen, in welchen der stationäre Antrieb mit dem Wuchttrieb in Wirkverbindung treten kann, so dass durch den Antrieb ein Positionieren des Wuchtelements möglich ist.

[0041] Entsprechend der Verfahrensführung bei der Justierung kann auch ein Wuchten bei Stillstand des Richtrotors erfolgen. Hierbei kann ein Antrieb mit einem Wuchttrieb eines Wuchtelements wirkverbunden, dann durch gezielte Ansteuerung des Antriebs das Wuchtelement positioniert sowie anschließend der Antrieb und der Wuchttrieb wieder getrennt werden. Es versteht sich, dass ein derartiger Wuchtvorgang bei eingebautem Richtrotor auch unabhängig von den übrigen Merkmalen vorliegender Erfindung vorteilhaft ist. Insbesondere bedingt eine derartige Vorgehensweise einen minimalen Eingriff in den eigentlichen Richtvorgang wie dieses bereits bezüglich der Richtelementjustierung beschrieben worden ist.

[0042] Wie bereits bezüglich des Stelltriebs bzw. der Fixierung offenbart, ist es von Vorteil, wenn der stationäre Antrieb eine von der Wuchtposition abweichende Betriebsposition aufweist, in welcher der Richtrotor frei rotieren kann. Ebenso ist es vorteilhaft, wenn im Antriebsstrang zwischen stationärem Antrieb und mitrotierendem Wuchttrieb eine Trenneinrichtung vorgesehen ist, so dass der stationäre Antrieb von dem Wuchttrieb ohne Weiteres getrennt werden kann.

[0043] Vorzugsweise weisen der Wuchttrieb und der

Stelltrieb einen gleichen Anschluss auf. Auf diese Weise kann der stationäre Antrieb sowohl mit einem Stelltrieb bzw. einer Fixierung als auch mit einem Wuchtrieb und ggf. dessen Fixierung in Wirkverbindung gebracht werden. Somit baut die Gesamtanordnung äußerst kostengünstig und der Richtrotor kann bei Stillstand sowohl hinsichtlich seiner Richtelemente justiert als auch gewuchtet werden.

[0044] Es versteht sich, dass der stationäre Antrieb - je nach axialer Lage der Stell- bzw. Wuchtriebe oder Fixierungen- mehrere, unterschiedliche Justierpositionen bzw. Wuchtpositionen aufweisen kann. Ebenso kann es vorteilhaft sein, dass der stationäre Antrieb über eine lineare Stelleinrichtung verfügt, über welche ein antreibbares Verbindungsglied des stationären Antriebs, welches den stationären Antrieb mit einem Stelltrieb, einer Fixierung und/oder einem Wuchtrieb verbinden kann, axial entlang des Richtrotors verlagerbar ist. Mittels einer derartigen Anordnung kann der stationäre Antrieb schnell und betriebssicher von einer Justierposition bzw. Wuchtposition in eine Betriebsposition oder umgekehrt gebracht werden, wobei in der Betriebsposition einerseits der Richtrotor frei drehen und andererseits der stationäre Antrieb axial entlang des Richtrotors positioniert werden kann. Eine derartige Anordnung baut bei Richtmaschinen mit rotierendem Richtrotor besonders kompakt und ermöglicht es, sehr wenige Komponenten an dem Richtrotor selbst zu belassen, während ein Großteil der Komponenten, die für eine Justierung der Richtelemente bzw. für ein Wuchten erforderlich sind, über den stationären Antrieb bereitgestellt werden können.

[0045] Je nach konkreter Anordnung der Stell- bzw. Wuchtriebe oder Fixierungen bzw. Wuchtriebe kann der Richtrotor auch mehrere Justierpositionen bzw. Wuchtpositionen aufweisen. Auf diese Weise können mittels eines Automaten in Umfangsrichtung unterschiedlich angeordnete Stelltriebe, Fixierungen bzw. Wuchtriebe ohne Weiteres angesteuert werden. Es versteht sich, dass eine Richtmaschine bzw. ein Justierverfahren für eine Richtmaschine, bei welchen eine oder mehrere Justierpositionen bzw. Wuchtpositionen vorgesehen sind, in denen ein Automat eine Justierung und/oder ein Wuchten vornehmen kann, auch unabhängig von den übrigen Merkmalen vorliegender Erfindung vorteilhaft ist.

[0046] Vorzugsweise umfasst der Richtrotor wenigstens eine Wuchtmasse, die mittels eines Stelltriebs eines justierbaren Richtelements verlagerbar ist. Auf diese Weise kann eine Wuchtmasse in dem Moment, indem ein Richtelement verstellt wird, verlagert werden, so dass - zumindest in gewissen Grenzen - einer durch die Verlagerung des Richtelements bedingten Unwucht begegnet wird. Es versteht sich, dass eine derartige Kopplung zwischen Stelltrieb und Wuchtmasse auch unabhängig von den übrigen Merkmalen bei einem Richtrotor mit justierbaren Richtelementen vorteilhaft ist, um das Auftreten einer Unwucht bzw. den Zeitaufwand für die Kompensation einer derartigen Unwucht, wenn das Richtelement verstellt wird, zu minimieren. Auch versteht es sich,

dass sich eine derartige Wuchtmasse gerade von den frei positionierbaren Wuchtmitteln unterscheidet.

[0047] So kann beispielsweise der Stelltrieb einen Gewindebolzen umfassen, der sowohl das Richtelement als auch die Wuchtmasse verlagert. Eine derartige Anordnung baut äußerst kompakt, was insbesondere unter Berücksichtigung der baulichen Gegebenheiten und der hohen Drehzahlen von Vorteil ist.

[0048] Auch kann ein derartiger Gewindebolzen ein gegenläufiges Gewinde mit zwei Teilgewinden aufweisen, wobei das Richtelement mit einem ersten der beiden Teilgewinde und die Wuchtmasse mit einem zweiten der beiden Teilgewinde wirkverbunden ist. Bei einer Rotation des Bolzens bewegen sich dann Richtelement und Wuchtmasse gegensinnig, wobei diese gegensinnige Bewegung bei geeigneter Anordnung für eine Unwuchtkompensation genutzt werden kann. Je nach konkreter Ausgestaltung des Richtrotors können die beiden Teilgewinde unterschiedliche Steigungen aufweisen. Ebenso sind verschiedene Bolzenstärken denkbar.

[0049] Insbesondere bei hohen Drehgeschwindigkeiten zeigen bekannte Rotoren unabhängig davon, ob die Richtelemente justierbar sind oder nicht, Schwächen. Diese resultieren in einer Beeinträchtigung der Oberfläche des Werkstücks, so dass diese Richtrotoren nicht mit der gewünschten Drehzahl und somit mit dem gewünschten Durchsatz betrieben werden können. Um diesem Nachteil begegnen zu können, wird vorgeschlagen, dass der Richtrotor wenigstens ein einlaufseitiges und ein auslaufseitiges Richtelement sowie ein dazwischen angeordnetes zentrales, exzentrisch anordenbares Richtelement umfasst, wobei das einlaufseitige oder das auslaufseitige Richtelement eine Mehrseitenführung und das zentrale Richtelement eine Richtdüse aufweist. Eine derartige Anordnung führt einlaufseitig bzw. auslaufseitig das Werkstück ausreichend, so dass insbesondere Schwingungen vermieden werden, die sich bei Rotoren nach dem Stand der Technik, die bei steigenden Drehzahlen betrieben werden, immer stärker ausbilden und das Werkstück beschädigen können. Andererseits kann durch die Verwendung einer Richtdüse im zentralen Richtelement, welches den eigentlichen Biege- und Richtprozess durchführt, eine unnötig hohe Materialbelastung des Werkstücks vermieden werden.

[0050] In vorliegendem Zusammenhang zeichnen sich einlauf- bzw. auslaufseitige Richtelemente entsprechend dadurch aus, dass sie radial bezüglich einer Drehachse des Richtrotors nicht verstellbar bzw. auf der Drehachse des Richtrotors angeordnet sind. Zentrale Richtelemente hingegen sind exzentrisch oder verstellbar bezüglich der Drehachse vorgesehen.

[0051] Diese Maßnahme führt zu einem von den Richtrotoren der DE 39 10 221 A1 und US 1,936,679 abweichenden Richtrotor, die bei sehr hohen Drehzahlen eben nicht betrieben werden können. Dieses ist erst mit der Kombination von einlaufseitiger und/oder auslaufseitiger Mehrseitenführung und der Verwendung einer zentralen Richtdüse möglich, wie vorstehend vorgeschlagen. Es

versteht sich hierbei, dass eine sowohl einlaufseitig als auch auslaufseitig vorgesehene Mehrseitenführungen ab gewissen Drehzahlen besonders vorteilhaft ist.

[0052] Zur Minimierung der Belastung auf das Werkstück kann, je nach konkreter Drehzahl und den dort auftretenden Drehzahlen, eine Wälzführung für das einlaufseitige bzw. das auslaufseitige Richtelement vorgesehen sein. Andererseits ist hier auch eine Kulissenführung oder einer starre Führung vorstellbar. Eine Wälzführung lässt sich beispielsweise durch zwei Walzen mit einer Toroidform realisieren, die besonders einfach und unkompliziert auch verschiedene Werkstückdurchmesser betriebssicher und materialschonend ergreifen können. Alternativ können drei oder mehr einander entgegen gerichtete Walzen vorgesehen sein. Durch mehrere Walzen ist dann dementsprechend auch eine Mehrseitenführung realisierbar.

[0053] Unter Umständen kann auf eine Mehrseitenführung bei einem einlaufseitigen und/oder einem auslaufseitigen Richtelement verzichtet werden, wobei sich in einem derartigen Fall insbesondere eine Richtdüse anbietet, wobei diese insbesondere ein Spiel unter 0,4 mm, vorzugsweise unter 0,3 mm, aufweisen kann, wodurch unter gegebenen Umständen eine ausreichende Führung gewährleistet werden kann.

[0054] Zwischen dem zentralen Richtelement und dem einlaufseitigen Richtelement oder dem auslaufseitigen Richtelement kann vorzugsweise ein weiteres zentrales Richtelement vorgesehen sein. Hierdurch lässt sich das Richtergebnis in Bezug auf einfacheren Anordnungen erheblich verbessern, da auch stärker verformte Werkstücke bei niedrigem Rotordurchmesser ausreichend stark verformt werden können. Vorzugsweise ist auch dieses weitere zentrale Richtelement exzentrisch gelagert, um diesen Effekt zu optimieren.

[0055] Zur Schonung des Materials ist es vorteilhaft, wenigstens eines der zentralen Richtelemente, vorzugsweise alle, als wälzende Richtdüse auszugestalten.

[0056] Die Ausgestaltung der einzelnen Richtelemente zeigt, auch unabhängig von den übrigen Merkmalen vorliegender Erfindung, die vorgenannten Vorteile, so dass diese auch unabhängig von diesen Merkmalen einen Richtrotor vorteilhaft verbessern, insbesondere wenn dieser bei sehr hohen Drehzahlen betrieben werden soll.

[0057] Weitere Vorteile, Ziele und Eigenschaften werden in der nachfolgenden Beschreibung anliegender Zeichnungen erläutert. In der Zeichnung zeigen:

- Figur 1 eine schematische Seitenansicht eines ersten erfindungsgemäßen Rotorrichters;
- Figur 2 den Rotorrichter nach Figur 1 teilweise aufgebrochen;
- Figur 3 eine Alternative für die einlaufseitigen bzw. auslaufseitigen Richtelemente der Anordnung nach Figuren 1 und 2;
- Figur 4 eine schematische Seitendarstellung der Wuchtscheiben für die Anordnungen nach Fi-

guren 1 bis 3;

- Figur 5 eine schematische Seitenansicht eines weiteren erfindungsgemäßen Rotorrichters; und
- Figur 6 eine perspektivische, teilweise aufgebrochene Darstellung eines Richtrotors für einen Richtmaschine Rotorrichter nach Figur 5.

[0058] Der Rotorrichter nach Figur 1 weist einen Richtrotor 1 auf, welcher um ein Werkstück 2 rotiert, welches diesen durchläuft. Der Richtrotor 1 weist ein Gestell 4 auf, welches in Lagerböcken 5 gelagert ist und insgesamt fünf Richtelemente 6 bis 10 trägt. Über die Richtelemente 6 bis 10 wird das Werkstück 2 radial bezüglich der Achse 3 des Richtrotors 1 verbogen, während dieser rotiert und es diesen durchläuft.

[0059] Hierbei sind die Richtelemente 7, 8 und 9 als Richtdüsen (nicht beziffert) in an sich bekannter Weise ausgebildet. Selbiges gilt bei diesem Ausführungsbeispiel auch für die einlaufseitigen und auslaufseitigen Richtelemente 6 und 10. bei dem Ausführungsbeispiel nach Figur 3 sind letztere durch toroidförmige Walzen 11 mit versetzten Achsen dargestellt, wobei die Toroide vorzugsweise derart ausgestaltet sind, dass sie in Bezug auf ihren Achswinkel jeweils im Wesentlichen mit einer geradlinigen Wirkungslinie an dem Werkstück 2 anliegen. Während dieses Ausführungsbeispiel vorteilhaft Schwingungen vermeidet, werden Schwingungen bei der Ausführungsform nach Figur 2 durch besonders enge einlauf- und auslaufseitige Richtdüsen vermieden, die unter 0,2 mm Spiel zum Werkstück 2 belassen.

[0060] Jeweils einlaufseitig bezüglich des einlaufseitigen Richtelements 6 und auslaufseitig bezüglich des auslaufseitigen Richtelements 10 sind an dem Gestell 4 Wuchtmittel 20 (exemplarisch beziffert) vorgesehen. Die Wuchtmittel sind im Wesentlichen spiegelsymmetrisch bezüglich einer Mittelebene (nicht dargestellt) des Richtrotors 1, die auf der Achse 3 senkrecht steht und mitten durch das Richtelement 8 verläuft, angeordnet.

[0061] Auf diese Weise können zwei Wuchtmittel bereitgestellt werden, die frei, insbesondere unabhängig von den Richtelementen, ausgerichtet bzw. positioniert werden können. Insbesondere kann hierdurch eine Schwerpunktachse ohne Weiteres in gewünschter Weise hinsichtlich der Achse 3 in zweiter Ordnung optimiert werden.

[0062] Die Wuchtmittel 20 werden bei den Ausführungsbeispielen nach Figuren 1 bis 3 durch bezüglich des Gestells 4 verdrehbare Wuchtscheiben 21A bis 21D gebildet. Die Scheiben 21A bis 21D weisen, wie in Figur 4 dargestellt, Wuchtausnehmungen 22 auf, so dass die Wuchtscheiben 21A bis 21D jeweils in Bezug auf ihren Außenumfang bzw. ihren Mittelpunkt 23 exzentrische Schwerpunkte aufweisen. Durch ein Verdrehen der Wuchtscheiben 21A bis 21D kann der gemeinsame Masseschwerpunkt m1 bzw. m2 der Wuchtscheiben 21A und 21B bzw. 21C und 21D innerhalb eines maximalen Radius verstellt werden. Die Anordnung der Wuchtscheiben 21A bis 21D beidseits des Richtrotors 1 erlaubt demt-

sprechend ein Wuchten in zweiter Ordnung, so dass eine Schwerpunktschwerachse ohne Weiteres in Bezug auf die Drehachse 3 ausgerichtet werden kann.

[0063] Die Wuchtscheiben 21A bis 21D können, insbesondere bei einem manuellen Betrieb, mit Skalen versehen sein, so dass die Wuchtscheiben 21A bis 21D betriebssicher eingestellt werden können. Auch können die Wuchtscheiben 21A bis 21D mit einem motorischen Antrieb gekoppelt werden, der einerseits feststehend, von außen auf die Wuchtscheiben 21A bis 21D einwirken oder andererseits mitdrehend vorgesehen sein kann. Insofern drehen die Wuchtscheiben 21A bis 21D um die Achse 3 des Richtrotors, so dass sie insbesondere nahezu ohne Einwirkung der Fliehkraft verlagert werden können.

[0064] Darüber hinaus weist der Rotorrichter nach Figur 1 eine Einrichtung 30 zur Unwuchtmessung auf. Diese umfasst zwei Sensoren 31 sowie einen Drehzahlmesser 32, die mittels Kabel 33 mit einer Messauswertung 34 verbunden sind. Durch trennen der Kabel 33 kann die Messauswertung 34 entkoppelt und anderen Rotorrichtern zur Verfügung gestellt werden.

[0065] Wie unmittelbar ersichtlich ist die Messeinrichtung 30 während des Richtens wirksam und erfasst Unwuchten zweiter Ordnung. Insbesondere, wenn die Wuchtmittel 20 während des Drehens eingestellt werden können, können die Ergebnisse der Messeinrichtung 30 unmittelbar zum Auswuchten genutzt werden, wobei dann vorteilhafterweise die Messauswertung 34 nicht entkoppelt werden sollte. Andererseits kann anhand der Messauswertung auch eine Winkelstellung für die manuelle Einstellung der Wuchtscheiben 21 A bis 21 D vorgegeben werden.

[0066] Die in den Figuren 5 und 6 dargestellte Richtmaschine umfasst einerseits einen Richtrotor 101, welcher um ein Werkstück 102 rotiert, welches diesen durchläuft, und andererseits einen stationären Antrieb 103. Der Richtrotor 101 weist ein Gestell 104 auf, welches über Lager 105 gelagert ist und insgesamt fünf Richtelemente 106 bis 110 trägt. Über die Richtelemente 106 bis 110 wird das Werkstück 102 radial bezüglich der Achse des Richtrotors verbogen, während dieser rotiert und es diesen durchläuft.

[0067] Bei diesem Ausführungsbeispiel sind die Richtelemente 107, 108 und 109 als Richtdüsen 115 (exemplarisch beziffert) ausgestaltet, wobei - insbesondere zur Schonung des Werkstücks bei hohen Drehzahlen - diese Düsen wälzgelagert sind. Die einlaufseitigen bzw. auslaufseitigen Richtelemente 106 und 110 weisen hingegen eine Mehrseitenführung auf, die bei vorliegenden Ausführungsbeispielen durch toroidförmige Walzen 111 (exemplarisch beziffert) mit versetzten Achsen gebildet sind. An dieser Stelle kann alternativ auch eine Führung mit mehr als zwei Walzen bzw. eine Führung über entsprechend mehrseitig an dem Werkstück 2 anliegende Kulissen vorgesehen sein. Wesentlich ist, dass einlaufseitig bzw. auslaufseitig bei vorliegendem Ausführungsbeispiel eine mehrseitige Führung vorgesehen ist, um

Schwingungen des Werkstücks auch bei hohen Drehzahlen vermeiden zu können. Auch kann durch Schrägstellung der Achse ein Vorschub auf das Werkstück 102 übertragen werden.

[0068] Über Gewindebolzen 112, 113 und 114 (lediglich exemplarisch beziffert) sind die Richtelemente 106 bis 110 an dem Gestell justierbar. Hierbei dient der Gewindebolzen 112 als Stelltrieb und als Fixierung für die Walzen 111, während der Bolzen 113 als Stellglied für die Richtdüsen 115 genutzt wird. Der Gewindebolzen 114 bedingt eine Verspannung des die jeweilige Richtdüse 115 tragenden Bauteils sowie des jeweiligen Gewindebolzens 113 und dient somit der Fixierung der Richtelemente 107 bis 109. Einer seitlichen Führung und insbesondere einer Aufnahme von Drehmomenten um die Achsen der Gewindebolzen 112, 113 und 114 dienen nicht dargestellte Führungsleisten mit Nuten, in welche Vorsprünge 116 (in Figur 2 exemplarisch beziffert) gleitend eingreifen.

[0069] Zur Verlagerung der Walzen 111 brauchen lediglich die Bolzen 112 entsprechend gedreht zu werden, wobei diese unter den vorliegenden Betriebsbedingungen selbsthemmend ausgestaltet sind. Zur Justierung der Richtdüsen 115 werden zunächst die Gewindebolzen 114 gelöst. Anschließend werden die Richtdüsen 116 über die Gewindebolzen 113 in gewünschter Weise verlagert. Abschließend werden die Gewindebolzen 114 wieder angezogen und auf diese Weise die Richtdüsen 116 fixiert.

[0070] Als Wuchtmassen sind bei diesem Ausführungsbeispiel zum Ausgleich einer durch das Justieren bedingten Unwucht Platten 117 (exemplarisch beziffert) vorgesehen, die ebenfalls mit den Gewindebolzen 113 in Wirkverbindung stehen und über Vorsprünge 118 in den vorgenannten Nuten geführt sind. Um entsprechende Wirkung zu zeigen, sind die Bolzen 113 im Bereich der Platten 117 mit einem Gewinde versehen, dessen Steigung von der Gewindesteigung des übrigen Bolzens abweicht. Auf diese Weise können die Platten 117 eine zu den Richtdüsen 116 proportionale aber verschieden stark und/oder anders gerichtete Bewegung ausführen, ohne dass ein separater Antrieb vorgesehen sein muss. Somit lässt sich bei minimalem Aufwand eine, wenn auch unter Umständen nur teilweise, Kompensation einer bei Justieren entstehenden Unwucht erreichen, wodurch sich die Rüstzeiten minimieren lassen.

[0071] Der Richtrotor 101 weist darüber hinaus an seinen Enden umfangsverteilt Wuchtelemente 119 auf, die als Gewindebolzen in radial gerichteten Gewindebohrungen von als Wuchtmittel 120 genutzten Seitenwänden des Gestells 104 gelagert sind und mithin unmittelbar Wuchtmassen darstellen. Durch Drehen dieser Wuchtelemente 119 kann über die Wirkung der Platten 117 hinausgehend der Richtrotor 101 ausgewuchtet werden. Hierbei sind die Gewindebohrungen im Wesentlichen punktsymmetrisch bezüglich eines Mittelpunktes des Richtrotors (nicht dargestellt) angeordnet, wobei der Mittelpunkt in einer Rotationsachse des Richtrotors 101 liegt

und genau auf der Mitte zwischen den Seitenwänden angeordnet ist.

[0072] Auf diese Weise können zwei Wuchtmittel bereitgestellt werden, die frei, insbesondere unabhängig von den Richtelementen, ausgerichtet bzw. positioniert werden können. Insbesondere kann hierdurch eine Schwerpunktachse ohne Weiteres in gewünschter Weise hinsichtlich der Rotationsachse optimiert werden.

[0073] Die Bolzen 112, 113 und 114 sowie die Bolzen 119 weisen jeweils einen identischen Kopf auf, der mit einem Verbindungsstück 121 des stationären Antriebs 103 in Eingriff gebracht werden kann. Hierzu ist das Verbindungsstück 121 einerseits radial entlang des Pfeils 130 und über eine lineare Stelleinrichtung 122 axial entlang des Pfeils 131 bezüglich der Rotorachse verlagerbar. Auf diese Weise kann der stationäre Antrieb 103 zwischen einer Betriebsposition, in welcher der Rotor 101 frei drehen kann, und verschiedenen Justier- und Wuchtpositionen, in denen er mit den jeweiligen Bolzen 112, 113, 114, und 119 in Eingriff bzw. verbunden ist, verlagert werden. Dementsprechend kann der Rotor 101 die Bolzen 112, 113, 114, und 119 dem stationären Antrieb 103 durch Verweilen in einer geeigneten Drehlage präsentieren und sich in entsprechenden Justier- bzw. Wuchtpositionen befinden.

[0074] Insofern bilden die Bolzen 112, 113, 114 und 119 gemeinsam mit den entsprechenden Gewinden die vorstehend erläuterten Stelltriebe, Fixierungen bzw. Wuchtriebe, mit denen die jeweiligen Baugruppen, Richtelemente, fixierende Elemente oder Wuchtelemente bzw. Wuchtplatten, verlagert und/oder fixiert werden können.

[0075] Durch Rotation des Verbindungsstücks 121 mittels eines Drehantriebs 123 können, wie durch Pfeil 132 angedeutet, dann die Stelltriebe, Fixierungen und Wuchtriebe angetrieben und die Bolzen 112, 113, 114, und 119 in gewünschtem Maße verlagert werden. Die Verbindung zwischen Verbindungsstück 121 und jeweiligem Bolzen 112, 113, 114, und 119 kann durch Bewegungen des Verbindungsstücks 121 entlang des Pfeils 130 von dem Rotor 101 weg wieder getrennt werden, wobei die Bewegung in Richtung des Pfeils 130 einerseits lediglich durch das Bauteil 123 oder aber auch durch Bewegungen der linearen Stelleinrichtung 122 bedingt sein kann.

Patentansprüche

1. Richtrotor, **gekennzeichnet durch** wenigstens zwei frei positionierbare Wuchtmittel, die axial bezüglich einer Drehachse des Richtrotors im Wesentlichen symmetrisch zu einer Mittelebene angeordnet sind.
2. Richtrotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wuchtmittel im Wesentlichen spiegelsymmetrisch bezüglich der Mittelebene des Richtrotors ausgerichtet sind.

3. Richtrotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wuchtmittel im Wesentlichen punktsymmetrisch bezüglich eines Schwerpunkts bzw. bezüglich eines Mittelpunkts des Richtrotors ausgerichtet sind.
4. Richtrotor nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** in zweiter Ordnung wirksame Wuchtmittel.
5. Richtrotor nach Anspruch 4, **gekennzeichnet durch** genau zwei in zweiter Ordnung wirksame Wuchtmittel.
6. Richtrotor, insbesondere nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** während des Umlaufens verstellbare Wuchtmittel.
7. Richtrotor nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wuchtmittel Wuchtmassen umfassen, die während des Umlaufens verstellbar sind.
8. Richtrotor, insbesondere nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** in Umfangsrichtung verlagerebare Wuchtmassen.
9. Richtrotor, **gekennzeichnet durch** wenigstens zwei Wuchtscheiben umfassende Wuchtmittel.
10. Richtrotor nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** wenigstens ein Wuchtmittel, welches über einen Wuchtrieb bezüglich einer Richtrotorachse positionierbar und über eine Fixierung in einer Position fixierbar ist, wobei der mitrotierende Wuchtrieb und die Fixierung über einen linearen Weg von außen zugänglich und über eine um diesen Weg umlaufende oder entlang dieses Weges gerichtete Bewegung zu betätigen sind.
11. Richtrotor nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** wenigstens ein über eine Justiereinrichtung radial justierbares Richtelement, wobei die Justiereinrichtung einen mitrotierenden Stelltrieb und eine Fixierung aufweist und der mitrotierende Stelltrieb und die Fixierung über einen linearen Weg von außen zugänglich und über eine um diesen Weg umlaufende oder entlang dieses Weges gerichtete Bewegung zu betätigen sind.

12. Richtrotor nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stelltrieb bzw. der Wuchtrieb und die Fixierung einen identischen Anschluss aufweisen.
13. Richtrotor nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stelltrieb, der Wuchtrieb bzw. die Fixierung ein selbsthemmendes Getriebe umfassen.

14. Richtrotor nach Anspruch 10 und 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wuchttrieb und der Stelltrieb einen gleichen Anschluss aufweisen.
15. Richtrotor nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** wenigstens eine Wuchtmasse, die mittels eines Stelltriebs eines justierbaren Richtelements verlagerbar ist.
16. Richtrotor nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wuchtmasse synchron mit dem Richtelement verlagerbar ist.
17. Richtrotor nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stelltrieb einen Gewindebolzen umfasst, der sowohl das Richtelement als auch die Wuchtmasse verlagert.
18. Richtrotor nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gewindebolzen ein gegenläufiges Gewinde mit zwei Teilgewinden aufweist, wobei das Richtelement mit einem ersten der beiden Teilgewinde und die Wuchtmasse mit einem zweiten der beiden Teilgewinde wirkverbunden ist.
19. Richtrotor nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Richtrotor wenigstens ein einlaufseitiges und ein auslaufseitiges Richtelement sowie ein dazwischen angeordnetes zentrales, exzentrisch anordenbares Richtelement umfasst, wobei das einlaufseitige oder das auslaufseitige Richtelement eine Mehrseitenführung und das zentrale Richtelement eine Richtdüse aufweist.
20. Richtrotor nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** das einlaufseitige und das auslaufseitige Richtelement eine Mehrseitenführung aufweist.
21. Richtrotor nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Richtrotor wenigstens ein einlaufseitiges und ein auslaufseitiges Richtelement sowie ein dazwischen angeordnetes zentrales, exzentrisch anordenbares Richtelement umfasst, wobei das einlaufseitige und/oder das auslaufseitige Richtelement eine Richtdüse mit einem Spiel unter 0,4 mm, vorzugsweise unter 0,3 mm aufweisen.
22. Richtrotor nach Anspruch 20 oder 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** das einlaufseitige und/oder das auslaufseitige Richtelement eine Wälzführung aufweist.
23. Richtrotor nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wälzführung zwei Walzen mit einer Toroidform umfasst.
24. Richtrotor nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wälzführung drei einander entgegengerichtete Walzen umfasst.
25. Richtrotor nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wälzführung eine wälzende Richtdüse umfasst.
26. Richtrotor nach einem der Ansprüche 19 bis 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem zentralen Richtelement und dem einlaufseitigen Richtelement oder dem auslaufseitigen Richtelement ein weiteres zentrales Richtelement vorgesehen ist.
27. Richtrotor nach Anspruch 26, **dadurch gekennzeichnet, dass** das weitere zentrale Richtelement ein Werkstück bezüglich einer Rotationsachse der Richtrotors exzentrisch lagert.
28. Richtrotor nach Anspruch 26 oder 27, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein zentrales Richtelement eine wälzende Richtdüse aufweist.
29. Richtrotor nach einem der Ansprüche 22 bis 25 und 28, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine Wälzachse einer wälzenden Baugruppe eine andere Richtung als eine Drehachse des Richtrotors aufweist.
30. Rotorrichter mit einem Richtrotor, **gekennzeichnet durch** eine Einrichtung zur Unwuchtmessung.
31. Rotorrichter nach Anspruch 30, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messeinrichtung während des Richtens wirksam ist.
32. Rotorrichter nach Anspruch 30 oder 31, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messeinrichtung Unwuchten zweiter Ordnung erfasst.
33. Rotorrichter nach einem der Ansprüche 30 bis 32, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messeinrichtung eine entkoppelbare Messauswertung umfasst.
34. Rotorrichter nach einem der Ansprüche 30 bis 33, **dadurch gekennzeichnet, dass** sowohl der Richtrotor als auch ein stationärer Antrieb eine Positionierposition, in welcher der stationäre Antrieb mit einem Wuchttrieb eines Wuchtelements des Richtrotors in Wirkverbindung tritt, so dass durch den Antrieb das Wuchtelement positioniert werden kann, und der stationäre Antrieb eine von der Wuchtposition abweichende Betriebsposition aufweisen, in welcher der Richtrotor frei rotierbar ist.
35. Rotorrichter nach Anspruch 34, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Antriebsstrang zwischen stationärem Antrieb und mitrotierendem Wuchttrieb eine

Trenneinrichtung vorgesehen ist.

36. Rotorrichter nach Anspruch 34 oder 35, **dadurch gekennzeichnet, dass** der stationäre Antrieb mehrere Wuchtpositionen aufweist, mit denen er jeweils mit einem Wuchtrieb eines Wuchtelements wechselwirken kann. 5
37. Rotorrichter nach Anspruch 36, **dadurch gekennzeichnet, dass** der stationäre Antrieb über eine lineare Stelleinrichtung verfügt, über welche ein antreibbares Verbindungsglied, welches den stationären Antrieb mit dem Wuchtrieb verbinden kann, axial entlang des Richtrotors verlagerbar ist. 10
38. Rotorrichter nach einem der Ansprüche 30 bis 37, **gekennzeichnet durch** ein über eine Justiereinrichtung radial justierbares Richtelement, wobei die Justiereinrichtung einen mitrotierenden Stelltrieb und eine Fixierung sowie einen stationären Antrieb umfasst und sowohl der Richtrotor als auch der stationäre Antrieb eine Justierposition, in welcher der stationäre Antrieb mit dem Stelltrieb und/oder der Fixierung in Wirkverbindung tritt, so dass **durch** den stationären Antrieb das Richtelement justiert werden kann, und der stationäre Antrieb eine von der Justierposition abweichende Betriebsposition, in welcher der Richtrotor frei rotierbar ist, aufweisen. 15
39. Rotorrichter nach einem der Ansprüche 30 bis 38, **gekennzeichnet durch** wenigstens ein über eine Justiereinrichtung radial justierbares Richtelement, wobei die Justiereinrichtung einen mitrotierenden Stelltrieb und eine Fixierung sowie einen stationären Antrieb umfasst und im Antriebsstrang zwischen stationärem Antrieb sowie mitrotierendem Stelltrieb und/oder Fixierung eine Trenneinrichtung vorgesehen ist. 20
40. Rotorrichter nach Anspruch 38 oder 39, **dadurch gekennzeichnet, dass** der stationäre Antrieb mehrere Justierpositionen aufweist, in denen er jeweils mit unterschiedlichen Stelltrieben und/oder Fixierungen wechselwirken kann. 25
41. Rotorrichter nach Anspruch 40, **dadurch gekennzeichnet, dass** der stationäre Antrieb über eine lineare Stelleinrichtung verfügt, über welche ein antreibbares Verbindungsglied, welches den stationären Antrieb mit dem Stelltrieb oder der Fixierung verbinden kann, axial entlang des Richtrotors verlagerbar ist. 30
42. Rotorrichter nach Anspruch 37 oder 41, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verbindungsglied einen Drehantrieb umfasst. 35
43. Rotorrichter nach einem der Ansprüche 34 bis 42, **dadurch gekennzeichnet, dass** der stationäre Antrieb sowohl mit einem Stelltrieb als auch mit einem Wuchtrieb in Wirkverbindung gebracht werden kann. 40
44. Richtverfahren mit einem Richtrotor, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Richtens die Unwucht des Richtrotors gemessen wird. 45
45. Richtverfahren nach Anspruch 44, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Richtens Wuchtmassen entsprechend des Messergebnisses verstellt werden. 50
46. Richtverfahren nach Anspruch 44 oder 45, **gekennzeichnet durch** die Definition einer Schwerpunktsachse. 55
47. Richtverfahren nach einem der Ansprüche 44 bis 46, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schwerpunktsachse auf eine Drehachse des Richtrotors ausgerichtet wird. 60
48. Richtverfahren nach einem der Ansprüche 44 bis 47, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei Stillstand des Richtrotors ein stationärer Antrieb mit einem Stelltrieb und/oder einer Fixierung des Richtelements wirkverbunden, dann durch gezielte Ansteuerung des Antriebs das Richtelement justiert, gelöst bzw. fixiert sowie anschließend der Antrieb und der Stelltrieb getrennt werden. 65
49. Richtverfahren nach Anspruch 48, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehsinn des Richtrotors vor und nach dem Justieren beibehalten wird. 70
50. Richtverfahren nach Anspruch 48 oder 49, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Justierens ein Werkstück in dem Richtrotor angeordnet ist. 75
51. Richtverfahren nach einem der Ansprüche 48 bis 50, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Richtrotor vor dem Justieren in eine Justierposition verfahren wird. 80
52. Richtverfahren nach Anspruch 51, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens zwei Justierpositionen vorgesehen sind. 85
53. Richtverfahren nach einem der Ansprüche 44 bis 52, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei Stillstand des Richtrotors ein Antrieb mit einem Wuchtrieb eines Wuchtelements wirkverbunden, dann durch gezielte Ansteuerung des Antriebs das Wuchtelement positioniert sowie anschließend der Antrieb und der Wuchtrieb getrennt werden. 90
54. Richtverfahren nach Anspruch 53, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehsinn des Richtrotors 95

vor und nach dem Positionieren beibehalten wird.

55. Richtverfahren nach Anspruch 53 oder 54, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Positionierens ein Werkstück in dem Richtrotor angeordnet ist. 5
56. Richtverfahren nach einem der Ansprüche 53 bis 56, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Richtrotor vor dem Positionieren in eine Wuchtposition verfahren wird. 10
57. Richtverfahren nach Anspruch 56, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens zwei Wuchtpositionen vorgesehen sind. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

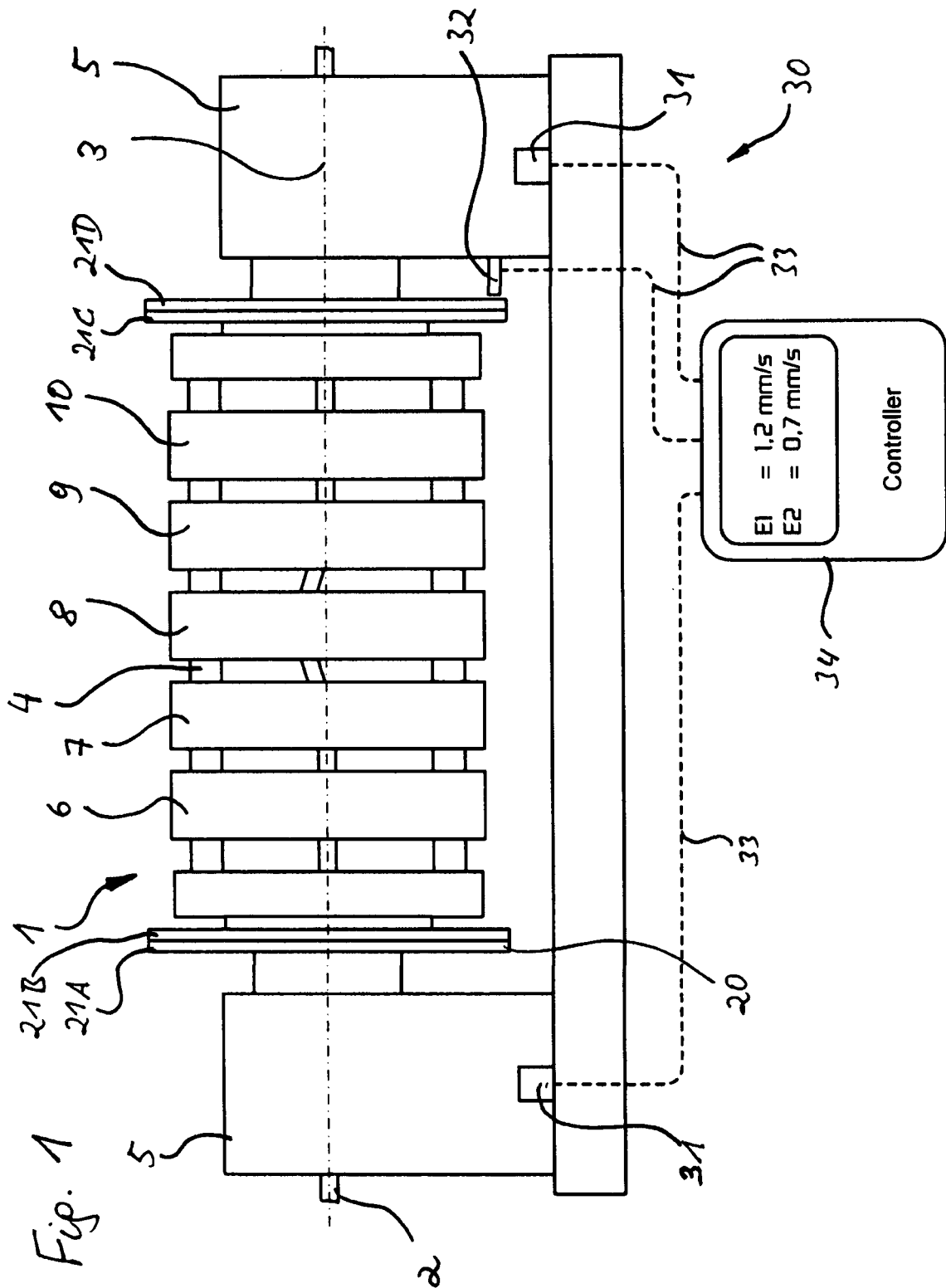


Fig. 2

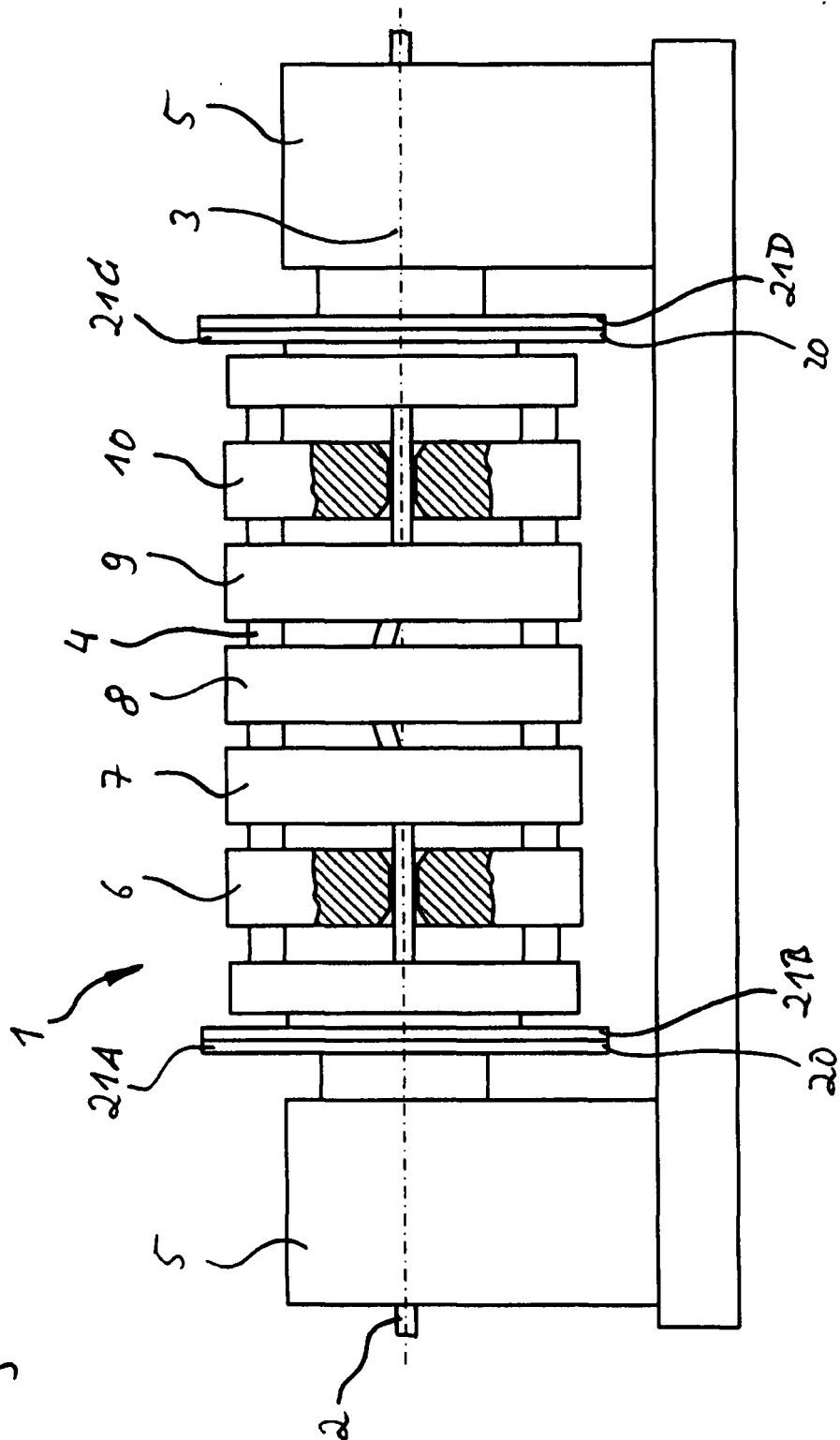


Fig. 3

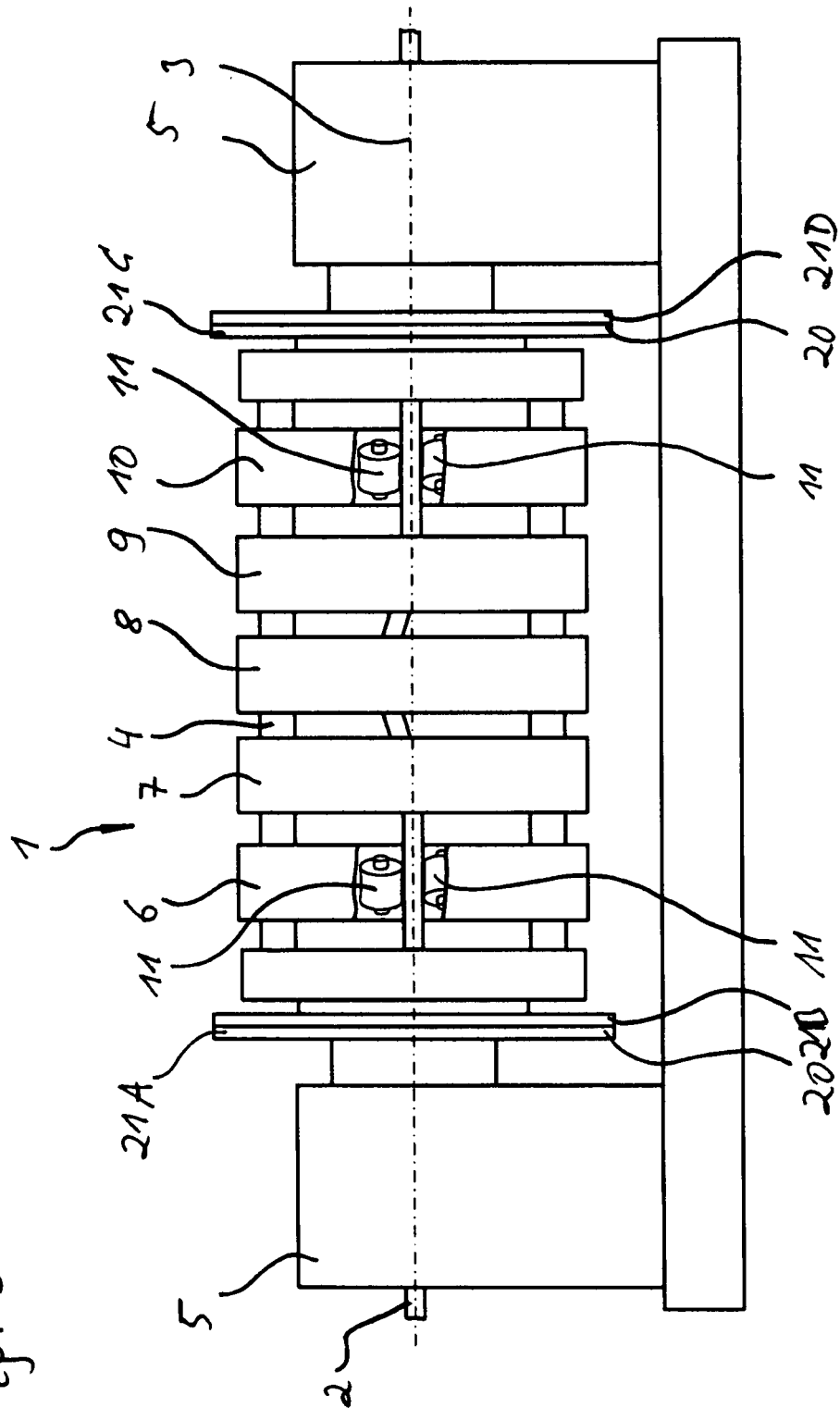


Fig. 4

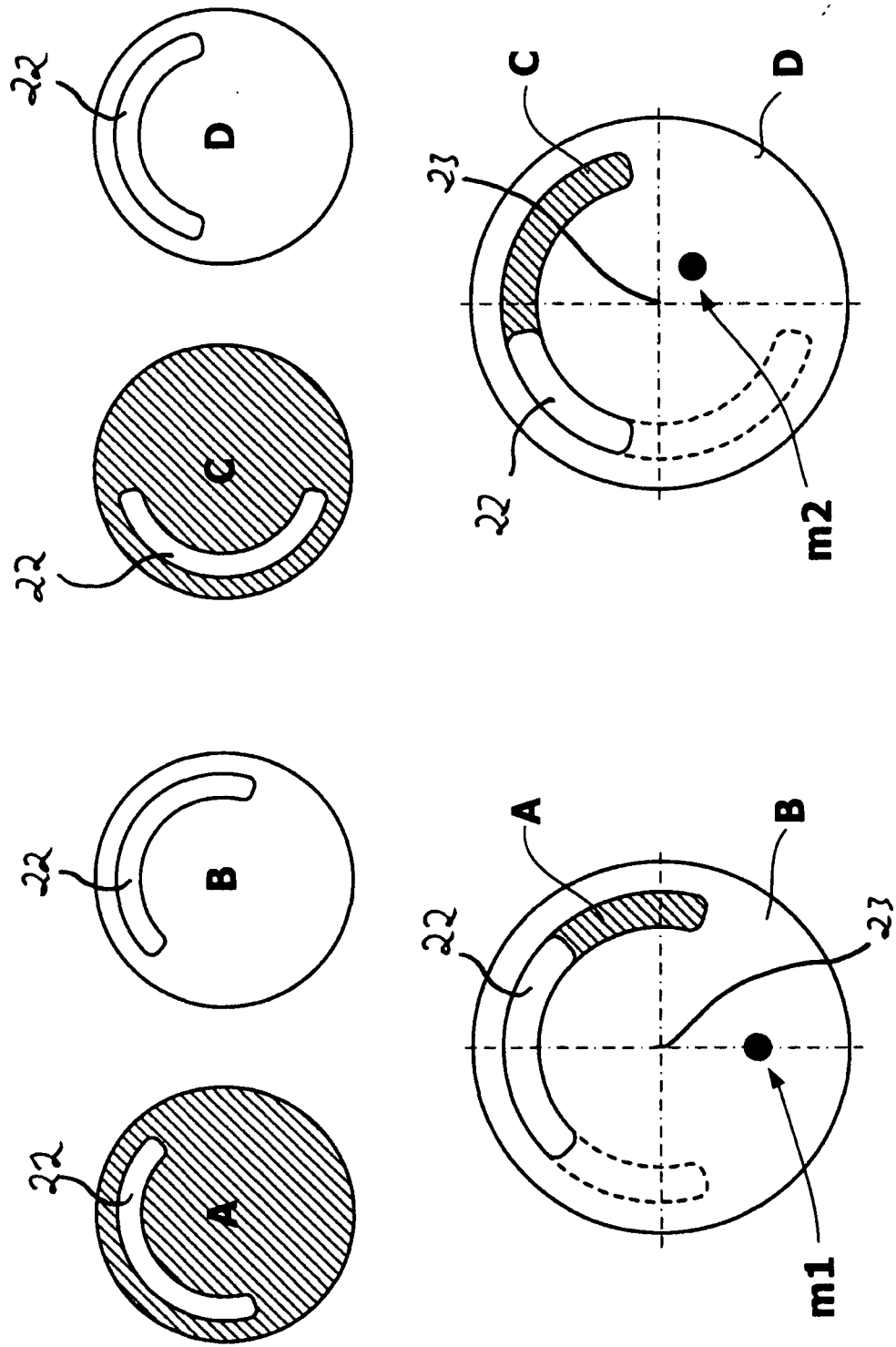
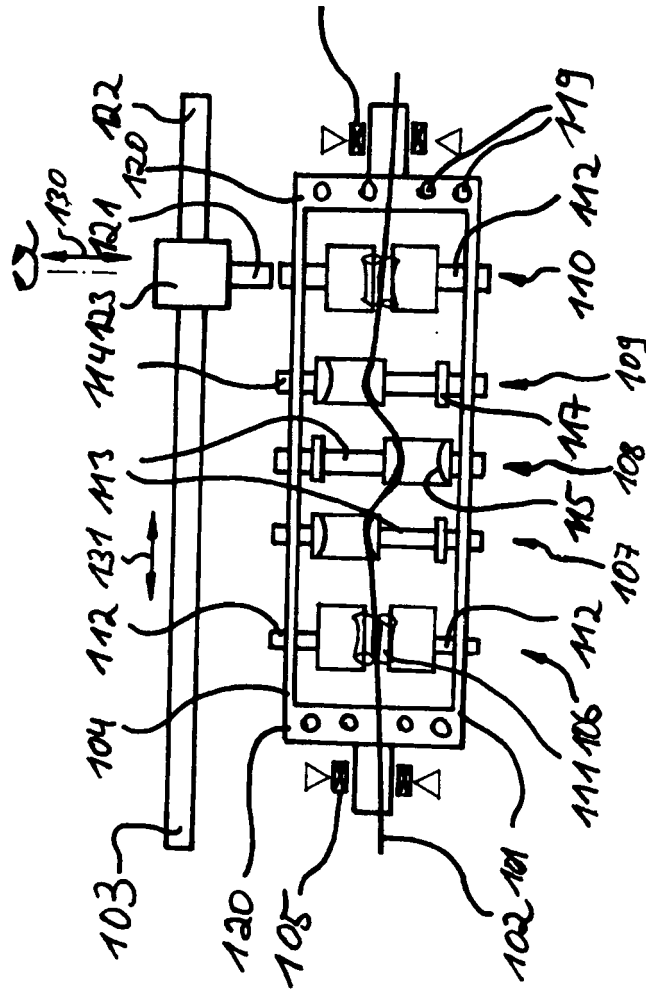
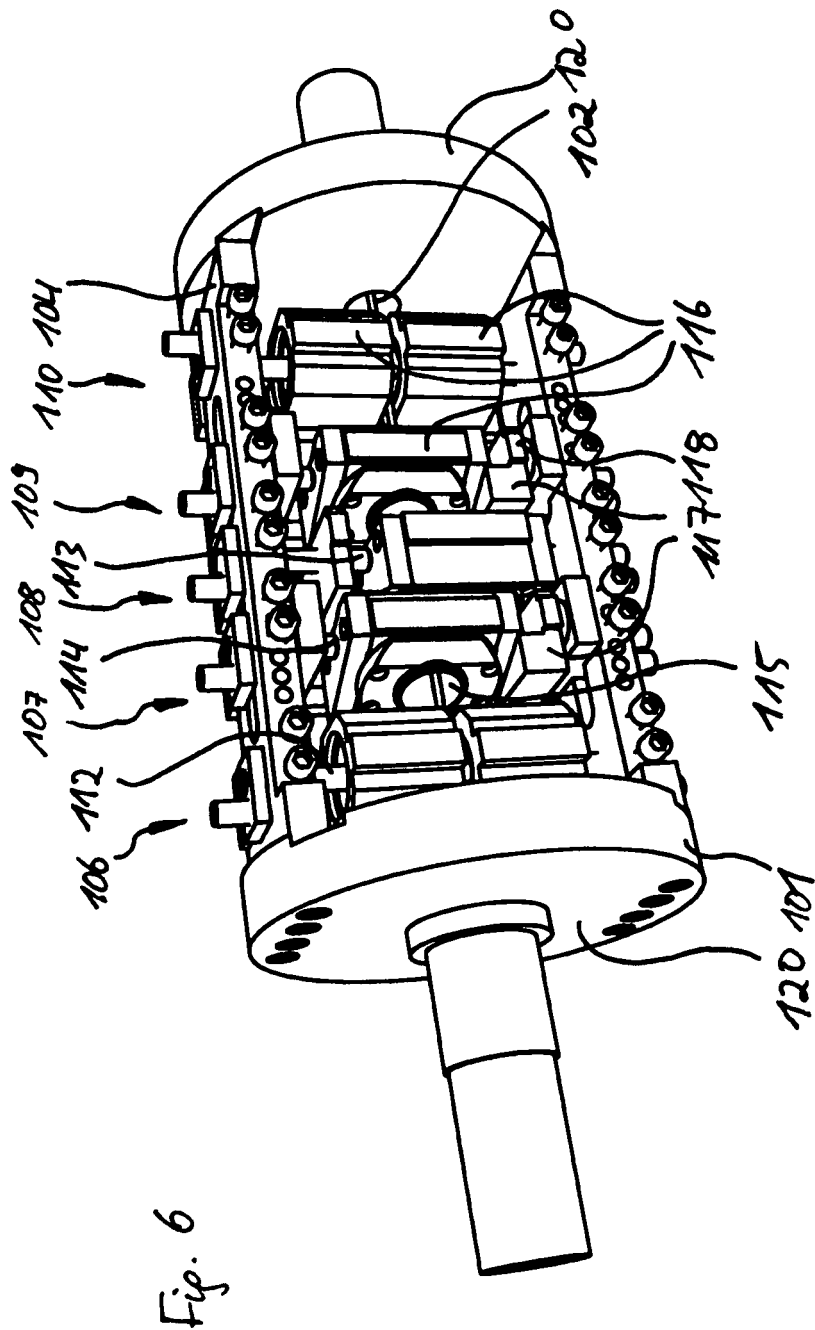


Fig. 5





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

- US 1936679 A [0002] [0002] [0003] [0025] [0026] [0051]
- DE 1034576 B [0002] [0002] [0003]
- DE 3910221 A1 [0002] [0002] [0002] [0003] [0026] [0051]
- DE 19503850 C1 [0004]
- DE 4325492 A1 [0004]
- DE 19709733 C2 [0005]
- DE 2523831 B2 [0005]
- DE 4311566 A1 [0005]
- WO 03084695 A1 [0005]
- DE 3546029 C2 [0008]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **VON MARCUS PAECH.** Innovative Richttechnik.
Draht 2/1999, 46-51 [0004]