



(11) **EP 2 067 725 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
10.06.2009 Patentblatt 2009/24

(51) Int Cl.:
B65H 23/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08018275.1**

(22) Anmeldetag: **18.10.2008**

(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

(72) Erfinder:
• **Schultze, Stephan**
97816 Lohr am Main (DE)
• **Schnabel, Holger**
97228 Rottendorf (DE)

(30) Priorität: **07.12.2007 DE 102007059066**

(74) Vertreter: **Thürer, Andreas**
Bosch Rexroth AG
Intellectual Property
Zum Eisengiesser 1
97816 Lohr am Main (DE)

(71) Anmelder: **Robert Bosch GmbH**
70469 Stuttgart (DE)

(54) **Verfahren zur Achskorrektur bei einer Verarbeitungsmaschine sowie Verarbeitungsmaschine**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Achskorrektur bei einer Verarbeitungsmaschine (100), die zum Transport und zur Bearbeitung einer Warenbahn (101) wenigstens zwei angetriebene Transportachsen (110, 115), wenigstens eine nicht angetriebene oder angetriebene Bearbeitungsachse (111, 112, 113, 114) und wenigstens eine weitere nicht angetriebene Achse (102, 121, 122, 123, 124) aufweist, wobei während einer Rotationsgeschwindigkeitsänderung einer angetriebenen Achse (110-115) eine Vorsteuerung dieser Achse (110-115) und/oder einer Bearbeitungsachse (111-114) unter Berücksichtigung des Elastizitätsmoduls des Materials der Warenbahn und eines Trägheitsmomentes wenigstens einer nicht angetriebenen Achse (102, 121-124) erfolgt, wobei der Elastizitätsmodul des Materials der Warenbahn (101) automatisch bestimmt wird. Die Erfindung betrifft weiterhin eine entsprechende Bearbeitungsmaschine (100).

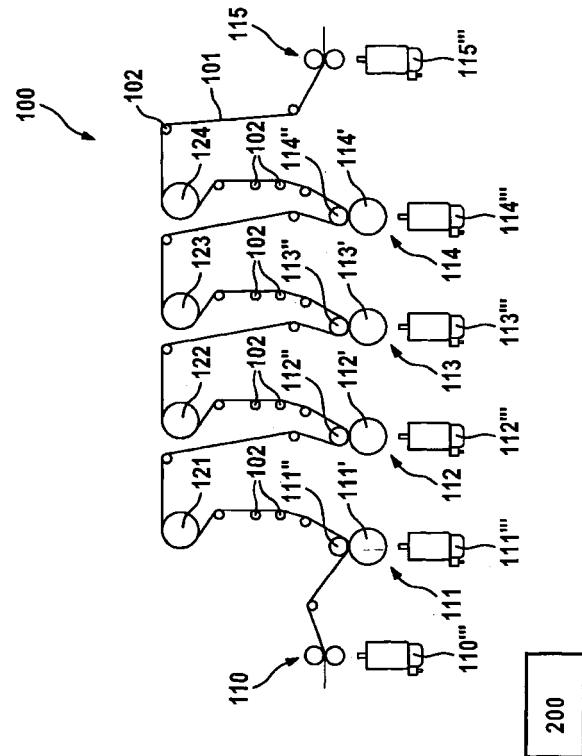


FIG. 1

EP 2 067 725 A2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Achskorrektur bei einer Verarbeitungsmaschine sowie eine entsprechende Verarbeitungsmaschine, ein entsprechendes Computerprogramm sowie ein entsprechendes Computerprogrammprodukt.

[0002] Obwohl nachfolgend hauptsächlich auf Druckmaschinen Bezug genommen wird, ist die Erfindung nicht darauf beschränkt, sondern vielmehr auf alle Arten von Verarbeitungsmaschinen gerichtet, bei denen eine Warenbahn bzw. Materialbahn bearbeitet wird. Die Erfindung ist aber insbesondere bei Druckmaschinen wie z.B. Zeitungsdruckmaschinen, Akzidenzdruckmaschinen, Tiefdruckmaschinen, Inline-Flexodruckmaschinen, Verpackungsdruckmaschinen oder Wertpapierdruckmaschinen einsetzbar. Die Warenbahn kann aus Papier, Stoff, Pappe, Kunststoff, Metall, Gummi, in Folienform usw. ausgebildet sein.

[0003] Stand der Technik Bei Verarbeitungsmaschinen, insbesondere Druckmaschinen, wird eine Warenbahn entlang von angetriebenen Achsen (Bahntransportachsen) wie z.B. Zugwalzen oder Vorschubwalzen und nicht angetriebenen Achsen wie z.B. Umlenk-, Leit-, Trocknungs- oder Kühlwalzen bewegt. Die Warenbahn wird gleichzeitig mittels meist ebenfalls angetriebener Bearbeitungsachsen bearbeitet, bspw. bedruckt, gestanzt, geschnitten, gefalzt usw.

[0004] Die Bahnspannung der Warenbahn wird über sog. Klemmstellen beeinflusst, die die Warenbahn reib-, form- oder kraftschlüssig einklemmen. Es handelt sich dabei regelmäßig um angetriebene Transport- oder Bearbeitungswerke. Bei einer Tiefdruckmaschine wird eine Klemmstelle üblicherweise durch ein Druckwerk, bei dem eine reibschlüssige Einheit zwischen dem angetriebenen Druckzylinder, dem Presseur und der Materialbahn besteht, gebildet. Die Warenbahn ist in Bahnspannungsabschnitte unterteilbar, wobei ein Bahnspannungsabschnitt von zwei Klemmstellen begrenzt wird. Innerhalb eines Bahnspannungsabschnitts können weitere angetriebene und/oder nicht angetriebene Achsen angeordnet sein.

[0005] Bei einer Beschleunigungs- bzw. Abbremsphase (Rotationsgeschwindigkeitsänderung) muss eine dynamische Kraft aufgewandt werden, um die nicht angetriebenen Achsen zu beschleunigen bzw. abzubremesen. Hierbei müssen das Trägheitsmoment und die Reibung der nicht angetriebenen Walzen aufgebracht werden.

[0006] Üblicherweise werden die Maschinen bei niedriger Verarbeitungsgeschwindigkeit (Einrichtgeschwindigkeit) eingerichtet, um Makulatur zu minimieren. Durch die anschließende Beschleunigung bis zum Erreichen der Produktionsgeschwindigkeit kommt es zu Register- und Bahnspannungsabweichungen, die ausgeglichen werden müssen.

[0007] Es ist bekannt, während der Hochlaufphase der von der Beschleunigung verursachten Dehnungsänderung mittels Winkelverstellung von Druckwerken entgegenzuwirken, wobei aufeinanderfolgende Druckwerke um ansteigende Winkel-Offsets vorgesteuert werden.

[0008] Es ist möglich, die Winkel-Offsets durch Durchführung einer Messfahrt zu gewinnen. Dabei besteht jedoch der Nachteil, dass Makulatur erzeugt wird und Auswertungen des bei der Messfahrt beobachteten Registerfehlers durchgeführt werden müssen. Eine manuelle Auswertung ist fehleranfällig, eine automatische Auswertung ist aufgrund der notwendigen Sensorelemente aufwendig. Weiterhin ist die Durchführung einer Messfahrt relativ zeitaufwendig, da diese jeweils für alle auftretenden unterschiedlichen Beschleunigungsphasen durchgeführt werden muss.

[0009] Es ist außerdem möglich, die Vorsteuerwerte rechnerisch zu bestimmen, da diese proportional zur Massenträgheit der nicht angetriebenen Achsen, zum Kehrwert des Elastizitätsmoduls und zur Beschleunigung sind. Es ist bekannt, die Massenträgheit sowie den Elastizitätsmodul durch den Anwender manuell vorgeben zu lassen.

[0010] Nachteilig an dieser Lösung gemäß dem Stand der Technik ist, dass bei der Vorgabe der Daten durch den Anwender einerseits Eingabefehler passieren können und andererseits notwendige Daten wie insbesondere der Elastizitätsmodul nicht immer genau bekannt sind.

[0011] Es stellt sich daher die Aufgabe, eine verbesserte Achskorrektur während einer Beschleunigungs- oder Abbremsphase anzugeben.

[0012] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Achskorrektur gemäß Patentanspruch 1, eine Verarbeitungsmaschine gemäß Patentanspruch 8, ein Computerprogramm gemäß Patentanspruch 14 sowie ein Computerprogrammprodukt gemäß Patentanspruch 15. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

Vorteile der Erfindung

[0013] Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zur Achskorrektur, wodurch insbesondere eine Bahnspannungs- und/oder Registerregelung oder -einstellung erfolgt, erfolgt während einer Rotationsgeschwindigkeitsänderung einer Bahnspannungsabschnitt begrenzenden Klemmstelle eine Vorsteuerung dieser den Bahnspannungsabschnitt begrenzenden Klemmstelle und/oder einer in diesem Bahnspannungsabschnitt vorhandenen Bearbeitungsachse unter Berücksichtigung des Elastizitätsmoduls des Materials der Warenbahn und eines Trägheitsmomentes wenigstens einer in diesem Bahnspannungsabschnitt vorhandenen nicht angetriebenen Achse, wobei der Elastizitätsmodul des Materials der Warenbahn automatisch bestimmt wird. Eine Möglichkeit zur Bestimmung des Elastizitätsmoduls des Materials einer

Warenbahn wird beispielsweise in der DE 10 2005 056 802 A1 offenbart.

[0014] Durch die erfindungsgemäße Achskorrektur, insbesondere Bahnspannungsregelung und/oder Registerregelung, unter Berücksichtigung des Elastizitätsmoduls des Materials der Warenbahn und eines Trägheitsmomentes wenigstens einer in einem Bahnspannungsabschnitt vorhandenen nicht angetriebenen Achse bei automatischer Bestimmung des Elastizitätsmoduls des Materials der Warenbahn können die Nachteile des Standes der Technik vermindert werden.

[0015] Vorteilhafterweise müssen keine produktionsabhängigen Materialdaten eingegeben bzw. durch Abruf früherer Produktionen bekannt gemacht werden, da die Daten selbständig bzw. automatisch ermittelt werden können. Es ist möglich, die Bestimmung der Einstellungen der Beschleunigungskompensation im Stillstand der Maschine durchzuführen, wobei keine Makulatur erzeugt wird.

[0016] Die erfindungsgemäße Vorsteuerung stellt eine deutliche Verbesserung gegenüber dem Stand der Technik dar, da nun eine prädiktive Vorsteuerung der zu erwartenden Fehler bereitgestellt werden kann, statt auf einen bereits aufgetretenen Fehler reagieren zu müssen. Durch die Achskorrektur im Sinne einer Bahnspannungseinstellung bzw. -regelung werden Bahnspannungsänderungen einer Beschleunigungs- oder Abbremsphase verringert, was sich unmittelbar in einer Reduzierung des Ausschusses niederschlägt. Durch die geringeren Bahnspannungsänderungen werden ebenfalls Registerabweichungen verringert, welche durch die ebenfalls beschriebene Achskorrektur im Sinne einer Registerregelung bzw. -steuerung weiter verringert werden. Aufgrund der zusätzlichen Vorsteuerung können effektivere Regelstrategien entworfen werden, da eine größere Einflussnahme auf die Warenbahn möglich ist. Hat beispielsweise die Druckmaschine den eingeschwungenen Zustand erreicht, können Längsregisterabweichungen mittels stationärer Regelstrategien, in die die Vorsteuerung einbezogen wird, schneller ausgeregelt werden. Befindet sich die Maschine in einer dynamischen Übergangsphase, beispielsweise durch Änderungen des Sollwerts der Bahnspannung oder der Bahngeschwindigkeit in der Maschine, ermöglicht die Vorsteuerung eine schnellere dynamische Registerregelung.

[0017] Durch die erfindungsgemäße Maßnahme wird eine stärkere Entkopplung der Warenbahn bei Register- und/oder Bahnspannungsregelungen erreicht und der Einfluss der Trägheits- und Reibmomente der nicht angetriebenen Achsen gesenkt. Der stationäre und dynamische Fehler zwischen den einzelnen Verarbeitungs- bzw. Druckwerken nimmt ab. Darüber hinaus kann eine schnellere Ausregelung von Registerfehlern erfolgen. Die Rückwirkung einer Beschleunigungs- oder Abbremsphase auf die Bahnspannung wird vermindert, was insbesondere schnellere bzw. dynamischere Beschleunigungs- oder Abbremsvorgänge möglich macht. Insgesamt wird Ausschuss bzw. Makulatur deutlich vermindert, was unter anderem zu einer Senkung der Produktionskosten führt.

[0018] Vorteilhafterweise erfolgt die Vorsteuerung aller betroffenen Achsen des Bahnspannungsabschnittes. Insbesondere wird zur Regelung bzw. Einstellung der Bahnspannung in einem Bahnspannungsabschnitt eine Vorsteuerung der den Bahnspannungsabschnitt begrenzenden Klemmstellen und zur Regelung bzw. Einstellung des Registers einer Bearbeitungsachse innerhalb eines Bahnspannungsabschnittes eine Vorsteuerung der Bearbeitungsachse und/oder der den Bahnspannungsabschnitt begrenzenden Klemmstellen durchgeführt.

[0019] Typischerweise werden bei Bahntransportachsen oder bei Bearbeitungsachsen additive Geschwindigkeiten, multiplikative Geschwindigkeitsfaktoren (sogenannter Feinabgleich, Getriebefaktoren) und/oder additive Winkel-Offsets vorgesteuert.

[0020] Vorteilhafterweise beinhalten die zu berücksichtigen effektiven Trägheitsmomente auch die Reibmomente der Achsen. Die effektiven Trägheitsmomente der nicht angetriebenen Achsen können insbesondere durch eine Messfahrt ermittelt werden.

Dabei kann aus einer Auswertung der Registerfehler der Produkte auf die effektiven Trägheitsmomente der nicht angetriebenen Achsen zurückgerechnet werden. Ebenso kann eine Online-Auswertung der gemessenen Registerfehler durchgeführt werden. Neben der Ermittlung durch Messfahrt ist ebenfalls eine Ermittlung durch eine Online-Beobachtung der aufgetretenen Registerfehler sowie eine darauf basierende Schätzung der Trägheitsmomente beispielsweise mittels Modellfolgeregelung, Beobachter, Kalman-Filterung usw. möglich. Schließlich kann das Trägheitsmoment ebenfalls bei Kenntnis der mechanischen Parameter wie z.B. Durchmesser, Material, Materialverteilung usw. der nicht angetriebenen Achsen berechnet werden. Da sich der mechanische Aufbau einer Verarbeitungsmaschine üblicherweise nicht oder nur selten ändert, ist die Bestimmung der Trägheitsmomente nur einmalig bzw. selten nötig. Die bestimmten Werte werden dann gespeichert und können für alle nachfolgenden Produktionen verwendet werden.

[0021] Vorteilhafterweise erfolgt die Vorsteuerung unter Berücksichtigung des jeweiligen (effektiven) Trägheitsmomentes aller in einem Bahnspannungsabschnitt vorhandenen nicht angetriebenen Achsen. Damit kann die Qualität der Vorsteuerung weiter erhöht werden.

[0022] Bevorzugterweise werden die jeweiligen Trägheitsmomente aller in diesem Bahnspannungsabschnitt vorhandenen nicht angetriebenen Achsen zu einem für diesen Bahnspannungsabschnitt zu berücksichtigen Gesamtträgheitsmoment konzentriert. Es handelt sich dabei um eine einfach durchzuführende und dennoch gute Ergebnisse liefernde Maßnahme. Durch eine fiktive "Schwerpunktbildung" ist nur mehr ein Gesamtträgheitsmoment zu berücksichtigen. Dieses Gesamtträgheitsmoment kann beispielsweise auf eine der oben genannten Arten (Messfahrt usw.) ermittelt werden.

[0023] Es ist besonders zweckmäßig, wenn Vorsteuerwerte für die Vorsteuerung der Klemmstelle und/oder der Bearbeitungsachse zur Entkopplung an Klemmstellen und/oder Bearbeitungsachsen benachbarter Bahnspannungsabschnitte statisch und/oder dynamisch kaskadiert werden. Die Kaskadierung kann mit unterschiedlichen Faktoren, beispielsweise invers, proportional, anteilig oder dynamisch usw., erfolgen, um benachbarte Bahnspannungsabschnitte

5 von der Vorsteuerung in dem betreffenden Bahnspannungsabschnitt zu entkoppeln.

[0024] Ebenso vorteilhaft erfolgt die Vorsteuerung zusätzlich unter Berücksichtigung der Rotationsgeschwindigkeitsänderung der Klemmstelle. Da der zu erwartende Fehler proportional zur auftretenden Rotationsgeschwindigkeitsänderung, d.h. positive oder negative Beschleunigung der Achse, ist, wird diese Beschleunigung vorteilhaft ebenfalls bei der Vorsteuerung berücksichtigt. Die Beschleunigung kann beispielsweise durch Ableitung bestimmter Geberwerte, beispielsweise zweimaliger Ableitung der Lagegeberwerte oder einmaliger Ableitung der Geschwindigkeitsgeberwerte bestimmt werden. Für die Lage- oder Geschwindigkeitsmessung kann beispielsweise eine Abtastung von auf der Warenbahn aufgedruckten Informationen wie z.B. Marken, Lochung usw. erfolgen. Ebenfalls ist die Bestimmung mittels eines Beschleunigungsgebers möglich. In Frage kommen weiterhin die Übertragung der Werte von der Maschinensteuerung zur Recheneinheit für die Bahnspannungsregelung bzw. Registerregelung z.B. mittels Feldbus-Kommunikation, wobei z.B. eine Soll-Position, Soll-Geschwindigkeit, Soll-Beschleunigung, Soll-Ruck, Ist-Position, Ist-Geschwindigkeit, Ist-Beschleunigung oder Ist-Ruck der Maschinen-Leitposition übertragen werden können. Auch ist eine Übertragung binärer Signale, die eine Geschwindigkeitsänderung anzeigen, von der Maschinensteuerung zur Recheneinheit für die Bahnspannungs- bzw. Registerregelung sowie die Kenntnis fest vorgegebener Rucke bzw. Beschleunigungswerte in der Recheneinheit für die Bahnspannungs- bzw. Registerregelung möglich. Schließlich kann eine Schätzung der Beschleunigung anhand weiterer Prozessgrößen wie z.B. der Antriebsmomente erfolgen.

10

15

20

[0025] Die Recheneinheit der erfindungsgemäßen Verarbeitungsmaschine ist in vorteilhafter Weiterbildung dazu eingerichtet, die vorangehend beschriebenen Schritte durchzuführen.

[0026] Zweckmäßigerweise sind bei einer erfindungsgemäßen Verarbeitungsmaschine die Recheneinheit und die Bewegungssteuerung (Motion Control) der antriebseigenen Achsen und/oder die Maschinenablaufsteuerung in einer gemeinsamen Steuerungshardware integriert ausgebildet. Derartige Verarbeitungsmaschinen sind in kompakter Form bereitstellbar und bieten eine vereinfachte Handhabung, da keine Kombination mit externen Komponenten erforderlich ist.

25

[0027] Die Erfindung betrifft zudem ein Computerprogramm mit Programmcodemitteln, um alle Schritte eines erfindungsgemäßen Verfahrens durchzuführen, wenn das Computerprogramm auf einem Computer oder einer entsprechenden Recheneinheit, insbesondere in einer erfindungsgemäßen Verarbeitungsmaschine, ausgeführt wird.

30

[0028] Das erfindungsgemäß vorgesehene Computerprogrammprodukt mit Programmcodemitteln, die auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert sind, ist zum Durchführen aller Schritte eines Verfahrens ausgebildet, wenn das Computerprogramm auf einem Computer oder einer entsprechenden Recheneinheit, insbesondere in einer Verarbeitungsmaschine, ausgeführt wird. Geeignete Datenträger sind insbesondere Disketten, Festplatten, Flash-Speicher, EEPROMs, CD-ROMs, DVDs u.a.m. Auch ein Download eines Programms über Computernetze (Internet, Intranet usw.) ist möglich.

35

[0029] Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der beiliegenden Zeichnung.

[0030] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

40

[0031] Die Erfindung ist anhand eines Ausführungsbeispiels in der Zeichnung schematisch dargestellt und wird im folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnung ausführlich beschrieben.

45 Figurenbeschreibung

[0032]

Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung einer bevorzugten Ausführungsform einer als Druckmaschine ausgebildeten erfindungsgemäßen Verarbeitungsmaschine;

50

Figur 2 zeigt schematisch eine Abhängigkeit einer Bahnspannung von der Zeit in einem dynamischen Fall im Stand der Technik;

Figur 3 zeigt schematisch eine Abhängigkeit einer Registerabweichung von der Zeit in einem dynamischen Fall im Stand der Technik; und

55

Figur 4 zeigt schematisch eine Abhängigkeit einer Registerabweichung von der Zeit bei einer bevorzugten Ausge-

staltung der Erfindung.

[0033] In Figur 1 ist eine bevorzugte Ausführungsform einer als Druckmaschine ausgestalteten, erfindungsgemäßen Verarbeitungsmaschine insgesamt mit 100 bezeichnet. Ein Bedruckmaterial, beispielsweise Papier 101, wird der Maschine über ein Einzugswerk 110 zugeführt. Das Papier 101 wird durch als Druckwerke 111, 112, 113, 114 ausgebildete Klemmstellen geführt und bedruckt und durch ein Auszugswerk 115 wieder ausgegeben. Die Ein-, Auszugs- und Druckwerke 110 bis 115 sind positionierbar, insbesondere zylinder- bzw. winkeltkorrigierbar, angeordnet. Die Druckwerke 111 bis 114 liegen in einem bahnspannungsgeregelten Bereich zwischen dem Einzugswerk 110 und dem Auszugswerk 115.

[0034] Die Druckwerke 111 bis 114 weisen jeweils einen Druckzylinder 111' bis 114' auf, gegen den jeweils ein Presseur 111'' bis 114'' mit starkem Druck angestellt ist. Die Druckzylinder 111' bis 114' sind einzeln und unabhängig antreibbar. Die zugehörigen Antriebe 111''' bis 114''' sind schematisch dargestellt. Die Presseure 111'' bis 114'' sind frei drehbar ausgebildet. Das Einzugs- und Auszugswerk 110 bzw. 115 weisen jeweils zwei gegenläufige Zylinder auf, die das Papier 101 führen. Auch das Einzugs- und das Auszugswerk 110 bzw. 115 sind einzeln durch einen Antrieb 110'''' bzw. 115'''' antreibbar. Das Einzugs- und Auszugswerk 110, 115 und die Druckwerke 111 bis 114 bilden jeweils zusammen mit dem durchlaufenden Papier 101 eine reibschlüssig verbundene Einheit. Das Einzugswerk 110, das Auszugswerk 115 sowie die Druckwerke 111 bis 114 stellen jeweils eine Klemmstelle dar.

[0035] In den Bahnabschnitten zwischen den einzelnen Druckwerken 111 bis 114 wird das Papier 101 über nicht näher erläuterte Rollen geführt, die mit 102 bezeichnet sind. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind nicht alle Rollen mit Bezugszeichen 102 versehen. Es kann sich insbesondere um Umlenkrollen, Trocknungs-, Beschneideeinrichtungen usw. handeln.

[0036] Die Bahn 101 wird nach einem Bedruckschritt in einem der Druckwerke 111 bis 114 über Kühlwalzen geführt. Dazu ist im Bahnabschnitt zwischen dem ersten Druckwerk 111 und dem zweiten Druckwerk 112 eine Kühlwalze 121, im Abschnitt zwischen dem zweiten Druckwerk 112 und dem dritten Druckwerk 113 eine Kühlwalze 122, im Abschnitt zwischen dem dritten Druckwerk 113 und dem vierten Druckwerk 114 eine Kühlwalze 123 und im Abschnitt zwischen dem vierten Druckwerk 114 und dem Auszugswerk 115 eine vierte Kühlwalze 124 angeordnet.

[0037] Die Kühlwalzen 121 bis 124 sowie die Rollen 102 weisen jeweils ein effektives Trägheitsmoment auf, das eine Beschleunigungsphase der Druckmaschine negativ beeinflusst. Gemäß der dargestellten bevorzugten Ausführungsform einer Druckmaschine werden sämtliche Klemmstellen während einer Beschleunigungsphase unter Berücksichtigung des Elastizitätsmoduls des Materials der Warenbahn sowie der effektiven Trägheitsmomente der Kühlwalzen 121 bis 124 und der Rollen 102 vorgesteuert. Die effektiven Trägheitsmomente werden zuvor, üblicherweise einmalig, mittels einer Messfahrt und einer anschließenden Auswertung ermittelt. Der Elastizitätsmodul wird automatisch bestimmt. Bei einer Beschleunigungsphase wird eine den Elastizitätsmodul, die effektiven Trägheitsmomente sowie die Beschleunigung berücksichtigende Vorsteuerung durchgeführt. Dabei kann die Vorsteuerung mit dynamischen Zeitgliedern beispielsweise mit Hilfe eines DT1-Gliedes (differenzierend verzögerndes Glied) durchgeführt werden, wobei T1 proportional zu Bahnlänge/Maschinengeschwindigkeit gewählt wird. Die Vorsteuerung kann additive Winkelwerte umfassen. Als Resultat erhält man einen annähernd konstanten Verlauf der Bahnspannung in einem gewünschten Abschnitt der Warenbahn und daraus folgend eine annähernd verschwindende Registerabweichung, wie es anhand Figur 4 gezeigt ist.

[0038] Nachfolgend wird anhand Figur 1 eine Möglichkeit zur Bestimmung des Elastizitätsmoduls beschrieben. Zunächst wird beispielsweise das Einzugswerk 110 festgestellt und das nachfolgende Druckwerk 111 um einen vorgebbaren Winkel $\Delta\varphi$ verfahren. Es ist bevorzugt möglich, eine Einstellung mittels einer Winkelbewegung in der Lageregelung vorzunehmen. Die Winkelbewegung kann dabei in kleinen Schritten inkrementell erfolgen, um eine zu starke Dehnung des Materials bis hinein in den plastischen Bereich zu verhindern. Ebenso kann eine Einstellung mittels einer Winkelbewegung in der Geschwindigkeitsregelung durchgeführt werden. Auch kann eine Einstellung mittels einer Winkelbewegung in der Momentenregelung erfolgen. Daneben ist es bevorzugt möglich, eine Einstellung mittels einer Winkelbewegung in der Lage- oder Geschwindigkeitsregelung mit gleichzeitiger Begrenzung des Antriebsmoments durchzuführen. Vorteilhaft hieran ist, dass im Gegensatz zu einer Momentenregelung die Winkelbewegungs-Geschwindigkeit begrenzt ist und somit relativ sanft in die Momentenbegrenzung gefahren werden kann.

[0039] Der Elastizitätsmodul E lässt sich berechnen zu $E = (\Delta F \cdot l_0) / (A \cdot \Delta l)$ mit ΔF : aufgewandte Kraft; l_0 : ursprüngliche Länge; A: Fläche der Materialbahn; Δl : erzielte Längenänderung. Die Kraft ΔF ist mittels einer im Bahnabschnitt zwischen Einzugswerk 110 und erstem Druckwerk 111 angeordneten Kraftmessdose (nicht gezeigt) bestimmbar. Die Länge l_0 sowie die Fläche A der Warenbahn zwischen dem Einzugswerk 110 und dem ersten Druckwerk 111 sind bekannt oder können auf einfache Weise gemessen werden. Schließlich ist die Längenänderung Δl als Produkt von Winkelverstellung $\Delta\varphi$ und Radius der Druckwalze oder und mittels eines Lagegebers (z.B. des Motorgebers) bestimmbar. Alternativ kann eine Spannungsänderung auch durch Vorgabe einer Bahnspannung mittels der Kraft einer Tänzerwalze im Einzugs- und/oder Auszugswerk herbeigeführt werden. Sofern ein Tänzer im Einzugs- oder Auszugswerk vorhanden ist, kann mit der Vorgabe des Tänzerdrucks eine Kraft in die Warenbahn eingepreßt werden. Diese eingepreßte Kraft ergibt dann eine Bahnspannung. Ebenfalls kann die Vorgabe einer Bahnspannung mittels einer Vorgabe einer Kraft eines nicht komplett angestellten Presseurs erfolgen. Wenn der Presseur angestellt wird, kann durch die Umschlingung auch eine

Bahnspannung eingepreßt werden. Mit den erhaltenen Daten lässt sich schließlich eine produktionsabhängige Konstante $k = EA$ bestimmen.

[0040] Alternativ kann z.B. statt der Messung mittels einer (vorhandenen) Kraftmessdose das aufgewandte Motor-moment als Kraftgröße herangezogen werden. Hierbei sind einerseits Reibungseffekte, andererseits Zugkräfte außerhalb der Bahnspannungsstrecke zu berücksichtigen, da diese jeweils das aufgewandte Motormoment beeinflussen. Letztere können dann vernachlässigt werden, wenn die Materialbahn außerhalb der beiden die Materialbahn einklemmenden Klemmstellen, im gewählten Beispiel Einzugswerk 110 und erstes Druckwerk 111, während der Messung fast komplett entspannt ist. Ansonsten verfälscht eine Bahnspannung vor bzw. hinter dem Messabschnitt die aus dem gemessenen Motormoment ermittelte Bahnspannung.

[0041] Im folgenden wird nun ebenfalls beispielhaft eine Möglichkeit zur Bestimmung der Trägheitsmassen offenbart. Sofern die Trägheitsmassen nicht bekannt sind bzw. fest in der Beschleunigungskompensation als Konstanten hinterlegt sind, können diese bei bekanntem E-Modul der Warenbahn mittels einer Messfahrt ermittelt werden, wobei zwei Varianten vorgeschlagen werden. Einerseits kann während einer Beschleunigungsphase die sich ergebende Bahnspannungsänderung, beispielsweise mittels einer Kraftmessdose, bestimmt werden. Anhand dieser Messung wird dann bei bekanntem E-Modul anhand der Bahnspannungsänderung und der Maschinenbeschleunigung die effektive Trägheitsmasse berechnet. Andererseits kann während einer Beschleunigungsphase der sich ergebende Registerfehler bestimmt werden. Bei bekanntem E-Modul kann anhand des Registerfehlers die sich ergebende Bahnspannungsänderung bestimmt werden. Zusammen mit der Maschinenbeschleunigung ist wiederum die effektive Trägheitsmasse bestimmbar.

[0042] In Figur 2 ist der Verlauf einer Bahnspannung in einem dynamischen Fall im Stand der Technik gegen die Zeit in einem Diagramm 10 aufgetragen, in dem zwei Bahnspannungsverläufe 13 und 14 dargestellt sind. Die Bahnspannung ist in dem Diagramm 10 auf einer y-Achse 12 gegen die Zeit t auf einer x-Achse 11 aufgetragen. Figur 2 zeigt den Bahnspannungsverlauf in einem dynamischen Fall, in dem eine Beschleunigung der beteiligten Walzen stattfindet.

[0043] In dem Diagramm 10 sind zwei Bahnspannungsverläufe 13 und 14 dargestellt, die verschiedenen Bahnspannungsunterabschnitten zuzuordnen sind. Betrachtet wird dabei ein Bahnspannungsabschnitt, der von einer nicht angetriebenen Achse, im abgebildeten Beispiel einer Kühlwalze, in zwei aneinandergrenzende Bahnspannungsunterabschnitte unterteilt wird. An den Enden des Bahnspannungsabschnitts befindet sich jeweils eine Klemmstelle (angetriebene Achse), im abgebildeten Beispiel eine angetriebene Druckwalze. Unter Bezugnahme auf Figur 1 kann ein derartiger Bahnspannungsabschnitt beispielsweise zwischen dem Druckwerk 112 und dem Druckwerk 113 identifiziert werden, der von Kühlwalze 122 in zwei Bahnspannungsunterabschnitte unterteilt wird. Es sei an dieser Stelle ausdrücklich angemerkt, dass die Abbildung gemäß Figur 1 eine erfindungsgemäße Druckmaschine zeigt, bei der sowohl der Elastizitätsmodul des Materials der Warenbahn als auch das effektive Trägheitsmoment der Kühlwalze 122 für eine Vorsteuerung berücksichtigt wird, wohingegen sich die Figur 2 auf eine Druckmaschine bezieht, bei der eine derartige Vorsteuerung nicht vorgesehen ist.

[0044] Dem Verlauf der Warenbahn folgend, befindet sich der Bahnspannungsunterabschnitt, dem der Bahnspannungsverlauf 14 zuzuordnen ist, zwischen einer Klemmstelle und einer nicht angetriebenen Achse, und der Bahnspannungsunterabschnitt, dem der Bahnspannungsverlauf 13 zuzuordnen ist, direkt anschließend im Warenbahnverlauf zwischen der genannten nicht angetriebenen Achse und einer nachfolgenden Klemmstelle.

[0045] Wie aus dem Diagrammen 10 ersichtlich ist, weist die Bahnspannung im Bereich zwischen einer Klemmstelle und einer nachfolgenden nicht angetriebenen Achse regelmäßig einen geringeren Wert als im Bereich zwischen der genannten nicht angetriebenen Achse und einer nachfolgenden Klemmstelle auf.

[0046] Bei einer Beschleunigungsphase 15 gemäß Figur 2 wird eine dynamische Kraft 16, welche der Differenz der Bahnspannungsverläufe 13 und 14 entspricht, dazu verwendet, die nicht angetriebene Walze anzutreiben. Im abgebildeten Beispiel wird die Warenbahn innerhalb von 90 s von 30 m/min auf 200 m/min beschleunigt. Dabei müssen das Trägheitsmoment und die Reibung, d.h. das effektive Trägheitsmoment, der nicht angetriebenen Achsen aufgebracht werden. Während der Beschleunigungsphase sinkt die Bahnspannung hinter einer Klemmstelle und steigt vor der nachfolgenden Klemmstelle an, da die nicht angetriebenen Walzen beschleunigt werden.

[0047] Nach der Beschleunigung stellt sich ein stationärer Zustand ein, der in Figur 2 auf der rechten Seite des Diagramms etwa ab $t = 150$ s erkennbar ist. In dem stationären Zustand muss ein Reibmoment der nicht angetriebenen Achse aufgebracht werden. Dies führt zu einer höheren Bahnspannung hinter einer nicht angetriebenen Achse und der im Warenbahnverlauf nachfolgenden Klemmstelle, da die Klemmstelle eine Kraft aufwenden muss, um die nicht angetriebene Achse anzutreiben. Diese Kraft entspricht einer Differenz 17 zwischen den dargestellten Bahnspannungen 13 und 14.

[0048] In Figur 3 ist beispielhaft ein sich ergebender Registerfehler an einem Bearbeitungswerk dargestellt. In einem Diagramm 20 ist der Verlauf einer Registerabweichung gegen die Zeit aufgetragen, wobei zwei Graphen 23 und 24 abgebildet sind, die verschiedenen E-Moduln zuzuordnen sind. Die Registerabweichung ist in dem Diagramm 20 auf einer y-Achse 22 gegen die Zeit t auf einer x-Achse 21 aufgetragen. Es ist eine Beschleunigungsphase von 30 m/min auf 250 m/min in 90 Sekunden mit Materialien mit unterschiedlichem E-Modul abgebildet. Die Beschleunigung sowie das zu berücksichtigende effektive Trägheitsmoment sind für beide Kurven jeweils identisch. Das Material der Bahn,

EP 2 067 725 A2

der die Kurve 23 zugeordnet ist, weist einen E-Modul von ca. $8,6 \cdot 10^9$ N/m² auf. Das Material der Bahn, der die Kurve 24 zugeordnet ist, weist einen E-Modul von ca. $3,6 \cdot 10^9$ N/m² auf. Es wird die unterschiedliche Beeinflussung des dynamischen Registerfehlers bei gleichem Trägheitsmoment der nicht angetriebenen Walzen und gleicher Beschleunigung deutlich.

5 **[0049]** In Figur 4 schließlich ist der Verlauf 33 eines sich bei Anwendung der Erfindung ergebenden Registerfehlers an einem Bearbeitungswerk dargestellt. Die Registerabweichung ist in einem Diagramm 30 auf einer y-Achse 32 gegen die Zeit t auf einer x-Achse 31 aufgetragen. Es ist eine Beschleunigungsphase über 30 Sekunden abgebildet. Es wird deutlich, dass die Registerabweichung nahezu verschwindet.

10 **[0050]** Es versteht sich, dass in den dargestellten Figuren nur eine besonders bevorzugte Ausführungsform der Erfindung dargestellt ist. Daneben ist jede andere Ausführungsform denkbar, ohne den Rahmen dieser Erfindung zu verlassen.

[0051] Bezugszeichenliste

15	100	Druckmaschine
	101	Papier
	102	Rolle
20	110	Einzugswerk
	110'''	Antrieb
25	111, 112, 113, 114	Druckwerk
	111', 112', 113', 114'	Druckzylinder
	111'', 112'', 113'', 114''	Presseur
30	111''', 112''', 113''', 114'''	Antrieb
	115	Auszugswerk
35	115'''	Antrieb
	121, 122, 123, 124	Kühlwalze
	10, 20, 30	Diagramm
40	11, 21, 31	x-Achse
	12, 22, 32	y-Achse
45	13, 14	Bahnspannungskurve
	15, 25	Beschleunigungsphase
	16, 17, 26	- Kraft
50	23, 24, 33	Registerabweichungskurve

Patentansprüche

- 55 **1.** Verfahren zur Achskorrektur bei einer Verarbeitungsmaschine (100), die zum Transport und zur Bearbeitung einer Warenbahn (101) wenigstens zwei angetriebene Transportachsen (110, 115), wenigstens eine nicht angetriebene oder angetriebene Bearbeitungsachse (111, 112, 113, 114) und wenigstens eine weitere nicht angetriebene Achse (102, 121, 122, 123, 124) aufweist,

EP 2 067 725 A2

wobei die Warenbahn (101) in wenigstens einen Bahnspannungsabschnitt unterteilbar ist, wobei ein Bahnspannungsabschnitt von zwei als angetriebene Transport- oder Bearbeitungsachsen ausgebildeten Klemmstellen (110-115) begrenzt wird,

wobei während einer Rotationsgeschwindigkeitsänderung einer einen Bahnspannungsabschnitt begrenzenden Klemmstelle (110-115) eine Vorsteuerung dieser den Bahnspannungsabschnitt begrenzenden Klemmstelle (110-115) und/oder einer in diesem Bahnspannungsabschnitt vorhandenen-Bearbeitungsachse (111-114) unter Berücksichtigung des Elastizitätsmoduls des Materials der Warenbahn und eines Trägheitsmomentes wenigstens einer in diesem Bahnspannungsabschnitt vorhandenen nicht angetriebenen Achse (102, 121-124) erfolgt, wobei der Elastizitätsmodul des Materials der Warenbahn (101) automatisch bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Vorsteuerung zusätzlich unter Berücksichtigung der Rotationsgeschwindigkeitsänderung erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Vorsteuerung unter Berücksichtigung des jeweiligen Trägheitsmomentes aller in diesem Bahnspannungsabschnitt vorhandenen nicht angetriebenen Achsen (102, 121-124) erfolgt.
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die jeweiligen Trägheitsmomente aller in diesem Bahnspannungsabschnitt vorhandenen nicht angetriebenen Achsen (102, 121-124) zu einem für diesen Bahnspannungsabschnitt zu berücksichtigten Gesamtträgheitsmoment konzentriert werden.
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei Vorsteuerwerte für die Vorsteuerung der Klemmstelle (110-115) und/oder der Bearbeitungsachse (111-114) zur Entkopplung an Klemmstellen (110-115) und/oder Bearbeitungsachsen (111-114) benachbarter Bahnspannungsabschnitte statisch und/oder dynamisch kaskadiert werden.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Elastizitätsmodul des Materials der Warenbahn (101) automatisch anhand einer Dehnungsänderung und einer Bahnspannungsänderung bestimmt wird.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das zu berücksichtigende Trägheitsmoment der wenigstens einen nicht angetriebenen Achse (102, 121-124) mittels einer Messfahrt bestimmt wird.
8. Verarbeitungsmaschine (100), die zum Transport und zur Bearbeitung einer Warenbahn (101) wenigstens zwei angetriebene Transportachsen (110-115), wenigstens eine nicht angetriebene oder angetriebene Bearbeitungsachse (111-114) und wenigstens eine weitere nicht angetriebene Achse (102, 121-124) aufweist, wobei die Warenbahn (101) in wenigstens einen Bahnspannungsabschnitt unterteilbar ist, wobei ein Bahnspannungsabschnitt von zwei als angetriebene Transport- oder Bearbeitungsachsen ausgebildeten Klemmstellen (110-115) begrenzt wird, wobei die Verarbeitungsmaschine (100) eine Recheneinheit (200) aufweist, die dazu eingerichtet ist, den Elastizitätsmodul des Materials der Warenbahn zu bestimmen und während einer Rotationsgeschwindigkeitsänderung einer einen Bahnspannungsabschnitt begrenzenden Klemmstelle (110-115) eine Vorsteuerung dieser den Bahnspannungsabschnitt begrenzenden Klemmstelle (110-115) und/oder einer in diesem Bahnspannungsabschnitt vorhandenen Bearbeitungsachse (111-114) mittels Vorsteuerwerten unter Berücksichtigung des bestimmten Elastizitätsmoduls des Materials der Warenbahn (101) und eines Trägheitsmomentes wenigstens einer in diesem Bahnspannungsabschnitt vorhandenen nicht angetriebenen Achse (102, 121-124) durchzuführen.
9. Verarbeitungsmaschine (100) nach Anspruch 8, wobei die Recheneinheit (200) dazu eingerichtet ist, die Vorsteuerwerte unter Berücksichtigung der Rotationsgeschwindigkeitsänderung zu ermitteln.
10. Verarbeitungsmaschine (100) nach Anspruch 8 oder 9, wobei die Recheneinheit (200) dazu eingerichtet ist, die Vorsteuerwerte unter Berücksichtigung des jeweiligen Trägheitsmomentes aller in diesem Bahnspannungsabschnitt vorhandenen nicht angetriebenen Achsen (102, 121-124) zu ermitteln, insbesondere die jeweiligen Trägheitsmomente aller in diesem Bahnspannungsabschnitt vorhandenen nicht angetriebenen Achsen (102, 121-124) zu einem für diesen Bahnspannungsabschnitt zu berücksichtigten Gesamtträgheitsmoment zu konzentrieren.
11. Verarbeitungsmaschine (100) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, bei der die Recheneinheit (200) und die Bewegungssteuerung der angetriebenen Achsen (110 - 115) und/oder die Maschinenablaufsteuerung in einer gemeinsamen Steuerungshardware integriert ausgebildet sind.

EP 2 067 725 A2

12. Verarbeitungsmaschine (100) nach einem der Ansprüche 8 bis 11, wobei die Recheneinheit (200) dazu eingerichtet ist, eine Dehnungsänderung und eine Bahnspannungsänderung zu bestimmen und den Elastizitätsmodul des Materials der Warenbahn anhand dieser bestimmten Dehnungsänderung und Bahnspannungsänderung zu bestimmen.
- 5 13. Verarbeitungsmaschine (100) nach einem der Ansprüche 8 bis 12, wobei die Recheneinheit (200) dazu eingerichtet ist, das zu berücksichtigende Trägheitsmoment der nicht angetriebenen Achse (102, 121-124) mittels einer Messfahrt zu bestimmen.
- 10 14. Computerprogramm mit Programmcodemitteln, um alle Schritte eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 durchzuführen, wenn das Computerprogramm auf einem Computer oder einer entsprechenden Recheneinheit (200), insbesondere in einer Verarbeitungsmaschine (100) nach einem der Ansprüche 8 bis 13, ausgeführt wird.
- 15 15. Computerprogrammprodukt mit Programmcodemitteln, die auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert sind, um alle Schritte eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 durchzuführen, wenn das Computerprogramm auf einem Computer oder einer entsprechenden Recheneinheit (200), insbesondere in einer Verarbeitungsmaschine (100) nach einem der Ansprüche 8 bis 13, ausgeführt wird.

20

25

30

35

40

45

50

55

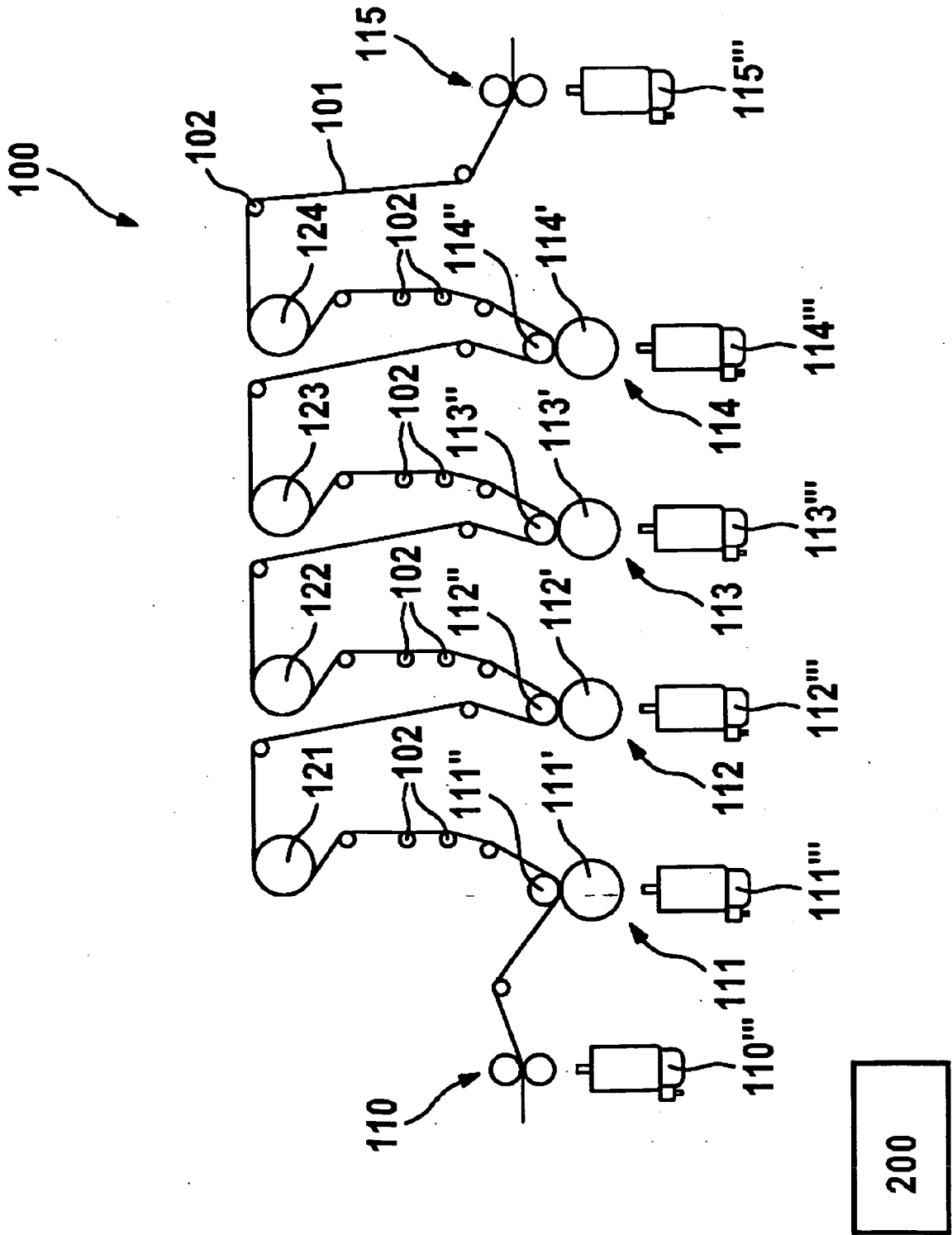
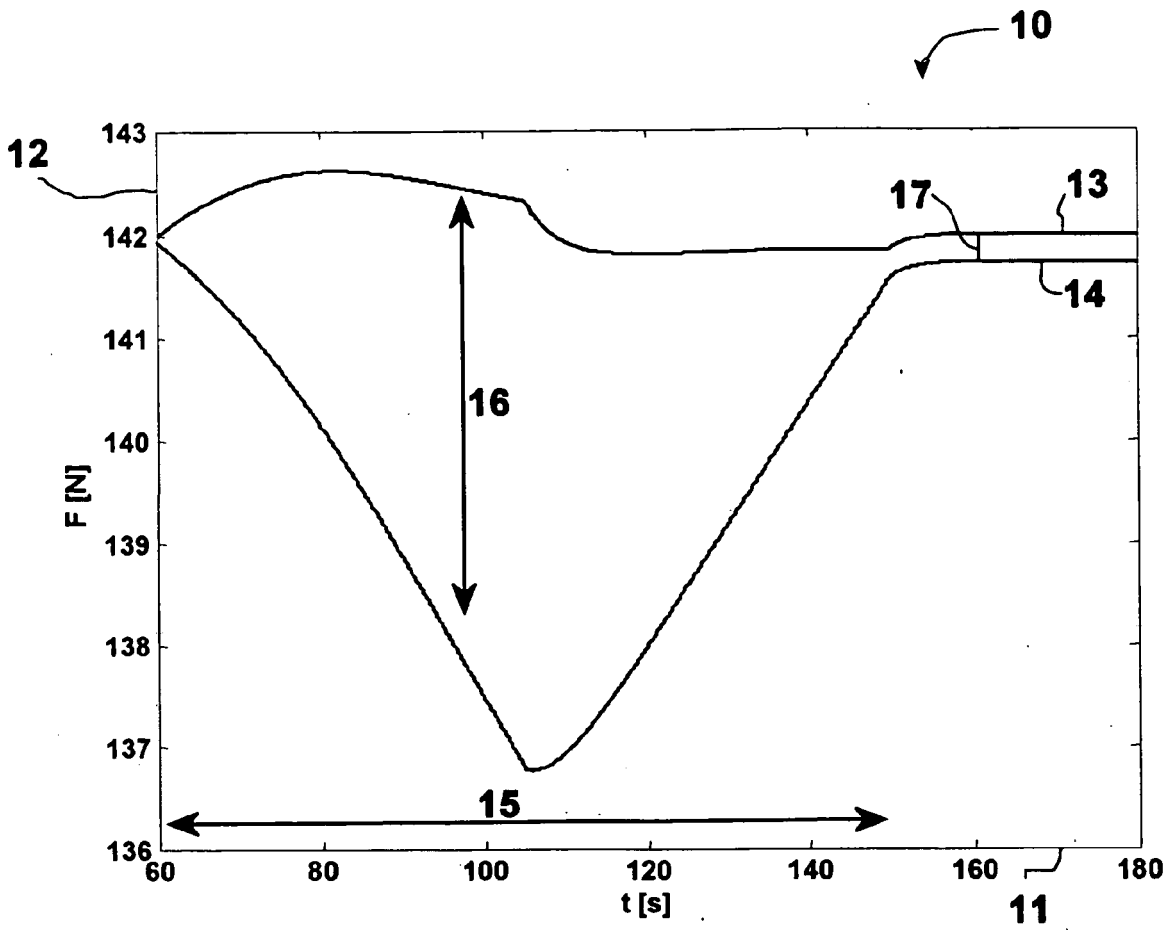
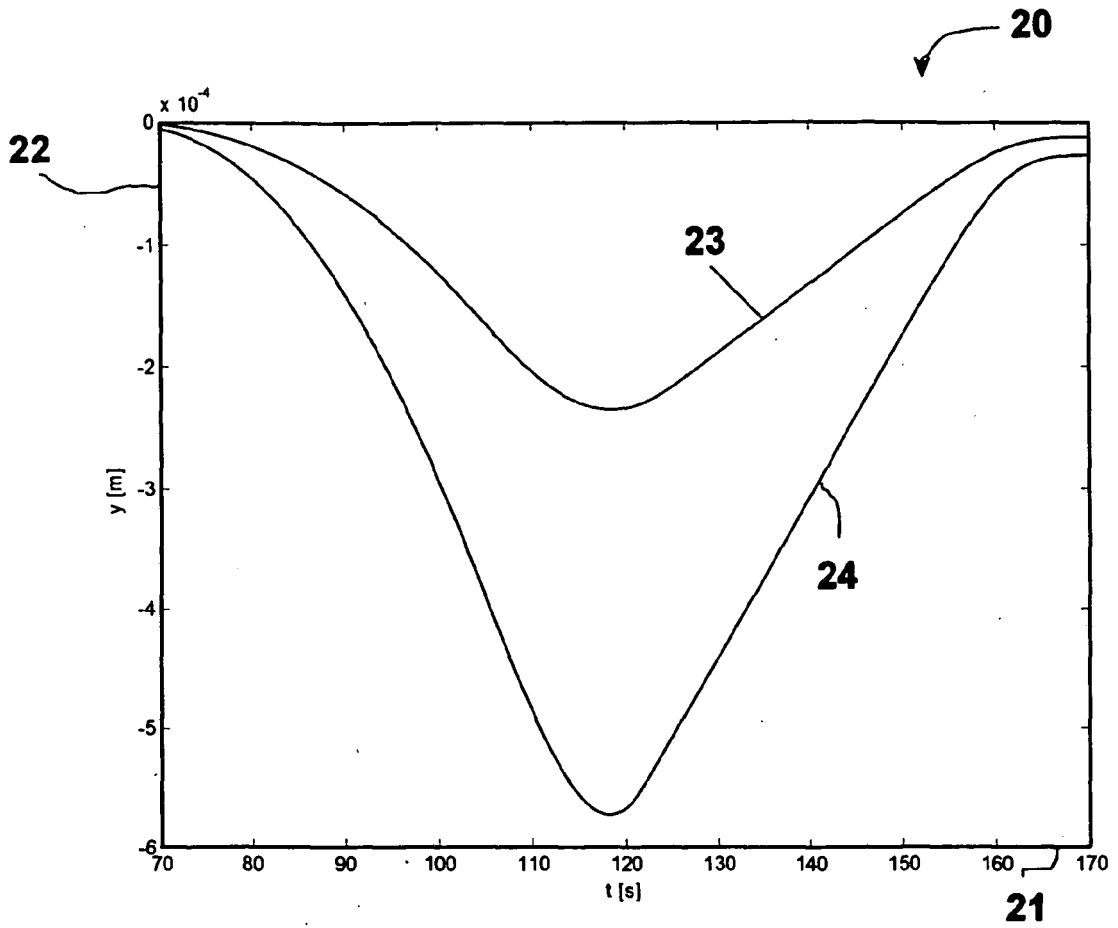


FIG. 1



Stand der Technik

FIG. 2



Stand der Technik

FIG. 3

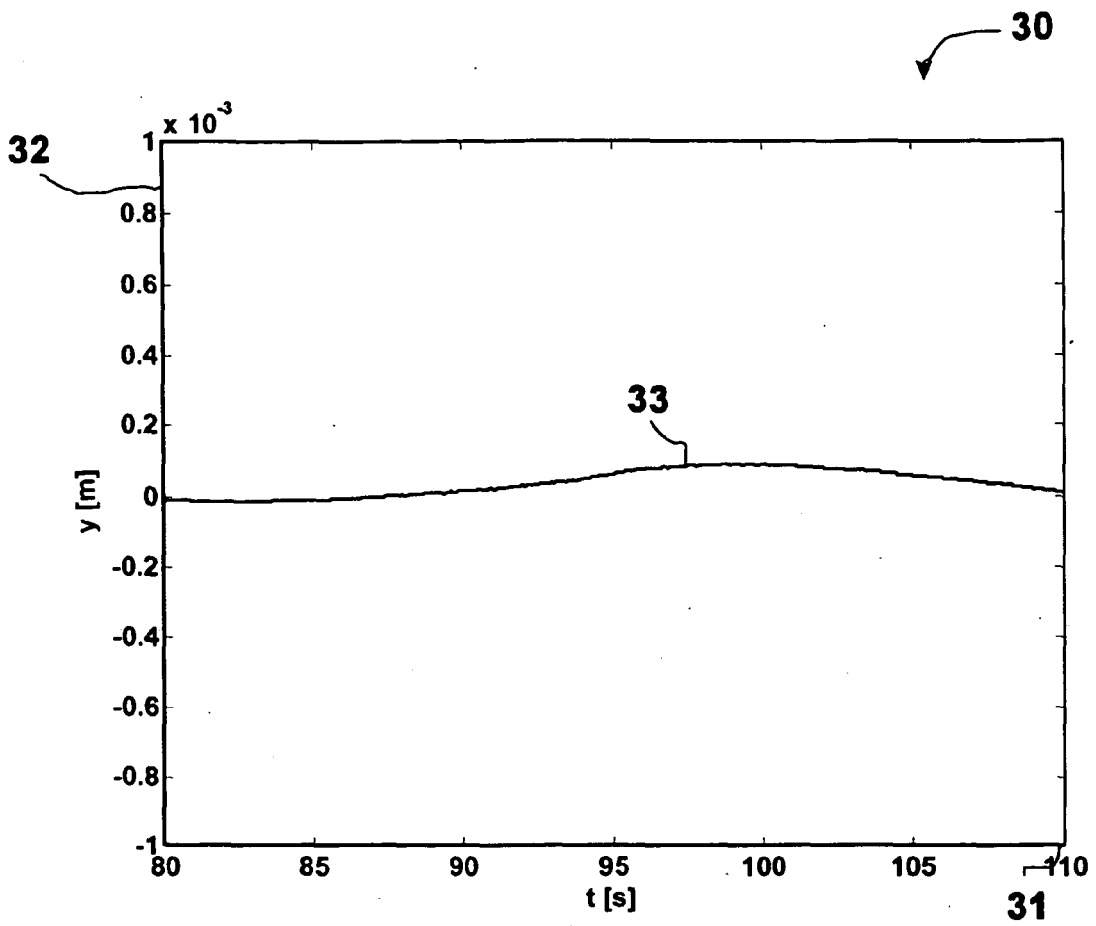


FIG. 4

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

- DE 102005056802 A1 **[0013]**