

(19)



(11)

**EP 2 524 806 B2**

(12)

**NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**  
Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:  
**03.10.2018 Patentblatt 2018/40**

(51) Int Cl.:  
**B41F 13/02** <sup>(2006.01)</sup> **B41F 33/02** <sup>(2006.01)</sup>  
**B65H 23/188** <sup>(2006.01)</sup> **G05B 19/416** <sup>(2006.01)</sup>

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:  
**18.11.2015 Patentblatt 2015/47**

(21) Anmeldenummer: **12152807.9**

(22) Anmeldetag: **27.01.2012**

(54) **Verfahren zum Regeln der Bahnspannung in einer Bahnbearbeitungsmaschine**

Method for regulating the web tension in a web processing machine

Procédé de réglage de la tension de bande dans une machine de traitement de bande

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

(30) Priorität: **17.05.2011 DE 102011101842**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**21.11.2012 Patentblatt 2012/47**

(73) Patentinhaber: **Robert Bosch GmbH  
70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Schnabel, Holger  
97209 Veitshoechheim (DE)**

• **Schultze, Stephan  
97816 Lohr-Wombach (DE)**  
• **Goeb, Mario  
97080 Wuerzburg (DE)**

(74) Vertreter: **Thürer, Andreas et al  
Bosch Rexroth AG  
BR/IPR  
Zum Eisengiesser 1  
97816 Lohr am Main (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A1-02/07975 DE-A1- 3 605 168  
DE-A1- 10 135 773 DE-A1- 19 723 043  
DE-A1-102009 019 624**

**EP 2 524 806 B2**

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Regeln der Bahnspannung in einer Bahnbearbeitungsmaschine.

**[0002]** Obwohl nachfolgend hauptsächlich auf Rollendruckmaschinen Bezug genommen wird, ist die Erfindung nicht darauf beschränkt, sondern vielmehr auf alle Arten von Bearbeitungsmaschinen gerichtet, bei denen eine Warenbahn bzw. Materialbahn bearbeitet wird (im Folgenden "Bahnbearbeitungsmaschine"). Die Erfindung ist aber insbesondere bei Rollendruckmaschinen, wie z.B. Zeitungsdruckmaschinen, Akzidenzdruckmaschinen, Tiefdruckmaschinen, Verpackungsdruckmaschinen, Digitaldruckmaschinen oder Wertpapierdruckmaschinen, sowie bei sonstigen Bahnbearbeitungsmaschinen, wie z.B. Beutelmaschinen, Briefumschlagsmaschinen oder Verpackungsmaschinen, einsetzbar. Die Warenbahn kann aus Papier, Stoff, Pappe, Kunststoff, Metall, Gummi, in Folienform usw. ausgebildet sein.

## Stand der Technik

**[0003]** Bei betreffenden Bahnbearbeitungsmaschinen, insbesondere Rollendruckmaschinen, wird eine Warenbahn entlang von angetriebenen Achsen (Bahntransportachsen bzw. -einrichtungen), 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 Bearbeitungseinrichtungen, (wie z.B. Druckwerken, Schneidwerken) bearbeitet (z.B. bedruckt, gestanzt, geschnitten, gefalzt usw.).

**[0004]** In einer solchen Maschine wird üblicherweise ein Längs- und/oder Seitenregister (Längsregister - in Bahnlaufrichtung, Seitenregister - quer zur Bahnlaufrichtung) geregelt. Dies dient dazu, die Lagen der Bearbeitungen der einzelnen Bearbeitungseinrichtungen (z.B. die Lagen einzelner, unterschiedlich farbiger Druckbilder) zueinander zu regeln und erfolgt bspw. durch eine sog. Winkelverstellung der zu korrigierenden Bearbeitungseinrichtung. Bei Druckmaschinen wird daneben oft auch die Bahnspannung geregelt (bspw. durch Geschwindigkeitsverstellung einer Transporteinrichtung), um ein optimales Druckergebnis zu erzielen.

**[0005]** Bekannte Regler, wie z.B. P-Regler, D-Regler, I-Regler usw. sowie beliebige Kombinationen davon, beinhalten Reglerparameter, die eingestellt werden müssen. Übliche Reglerparameter sind die Proportionalverstärkung  $K_p$ , die Integralverstärkung  $K_i$ , die Differentialverstärkung  $K_D$ , die Nachstellzeit  $T_N$ , die Vorhaltezeit  $T_V$ , Verzögerungen  $T$  usw.

**[0006]** Von der Anmelderin ist bisher eine Anzahl von Verfahren entwickelt worden, um die Parametrisierung von Bahnspannungsreglern zu vereinfachen:

Bspw. ist in der EP 1 790 601 A2 dargestellt, dass Reglerparameter in Abhängigkeit von Warenbahn-

parametern (z.B. E-Modul), Maschinenparametern (z.B. Warenbahnlänge, Warenbahngeschwindigkeit oder Trägheitsmoment) und Betriebsparametern (z.B. Regelabweichung) bestimmt werden können.

**[0007]** In der DE 10 2008 035 639 A1 ist dargestellt, dass neben diesen Größen auch Totzeiten in der Regelstrecke vorhanden sind und zur Ermittlung der Reglerparameter herangezogen werden können.

**[0008]** In der DE 10 2009 019 624 A1 ist eine Reglerparametrierung in Abhängigkeit von wenigstens einem die Warenbahn kennzeichnenden Parameter, wie z.B. dem Elastizitätsmodul und/oder dem Querschnitt, wenigstens einem die Bearbeitungsmaschine kennzeichnenden Parameter, wie z.B. der Bahngeschwindigkeit und/oder der Abschnittslänge, und wenigstens einer, insbesondere konstanten (d.h. nicht bahngeschwindigkeitsabhängigen) und/oder geschwindigkeitsabhängigen, Totzeit, wie z.B. einer Übertragungszeit und/oder einer Messzeit, beschrieben. Es wird auch offenbart, dass die Parametrierung regelmäßig durchgeführt wird, so dass bspw. auf die Veränderung des E-Moduls automatisch durch Anpassung der Reglerparameter reagiert werden kann. Hierdurch sollen zu jedem Zeitpunkt möglichst optimale Reglerparameter vorgegeben werden. Weiterhin wird vorgeschlagen, die Regelung bezüglich des Störverhaltens zu optimieren, so dass eine möglichst hohe Regelkreisdynamik in Bezug auf Störungen des Bahnspannungswertes erreicht wird (d.h. eine Störung im Bahnspannungswert soll möglichst dynamisch (= schnell) ausgeregelt werden). Damit kann erreicht werden, dass ein Bahnspannungswert kaum vom zugehörigen Bahnspannungswert abweicht.

**[0009]** Es wurde jedoch beobachtet (vgl. Veröffentlichung "Online-Rekonstruktion von Elastizitätsmodul-Änderungen der Papierbahn in Rollendruckmaschinen", Vortrag von Prof. Brandenburg auf der SPS/IPC/Drives 2008), dass in Rollendruckmaschinen speziell beim Rollenwechsel große Registerabweichungen auftreten. Dies wurde u.a. auf eine sprunghafte Änderung des Elastizitätsmoduls  $E$  zurückgeführt. Diese Störung wird in die Maschine eingeleitet regt beim Passieren jeder Klemmstelle Ausgleichsvorgänge an, die zu Bahnspannungs-, Farb- und Schnittregisterfehlern führen. Dabei treten große Registerabweichungen auf, die auch von einer vorhandenen Registerregelung nicht schnell ausgeregelt werden können. Wegen des langen Bahnwegs vom Entstehungsort der Störungen, dem Abwickler, bis zum Schneidzylinder des Falzapparates kann die resultierende Gesamt-Registerabweichung besonders groß werden. Dies führt vor allem bei Offset-Illustrationsdruckmaschinen wegen der geforderten hohen Schnittlage-Genauigkeit zu verhältnismäßig hohen Makulaturzahlen, wird aber vermutlich in Zukunft auch bei Zeitungsdruckmaschinen eine zunehmend wichtige Rolle spielen.

**[0010]** Die WO 02/07975 A1 offenbart ein Verfahren zur Regelung einer Bahnspannung, bei dem eine Dehnung der Warenbahn während des Betriebs überwacht

wird und wobei einer dabei festgestellten Dehnungsänderung durch eine Spannungsänderung entgegengewirkt wird.

**[0011]** Es ist daher wünschenswert, die durch sprunghafte Bahnspannungsänderungen verursachten Registerabweichungen zu reduzieren.

#### Offenbarung der Erfindung

**[0012]** Ausgehend von diesem Stand der Technik schlägt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer Bahnbearbeitungsmaschine mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. 4 vor. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

**[0013]** Eine sprunghafte Veränderung des Elastizitätsmoduls  $E$  führt bei (wie im Stand der Technik ausreichend stark bzw. dynamisch) geregelter (also im Wesentlichen konstanter) Bahnspannung  $\sigma$  aufgrund des bekannten Zusammenhangs  $\sigma = \varepsilon \cdot E$  zu einer entsprechenden sprunghaften Änderung der Bahndehnung  $\varepsilon$ . Diese Dehnungsänderung pflanzt sich vom Ort der Änderung des Elastizitätsmoduls über die ganze Maschine fort. Während dieser Ausgleichsphase liegen somit unterschiedliche Dehnungsverhältnisse an den einzelnen Bearbeitungseinrichtungen vor, die zu unterschiedlichen Bearbeitungslagen derselben zueinander und damit zu Registerabweichungen führen.

**[0014]** Die Erfindung umfasst nun die Maßnahme, vor einer anstehenden Veränderung wenigstens eines die Bahnspannung beeinflussenden Parameters (dabei handelt es sich um einen die Warenbahn kennzeichnenden Parameter, insbesondere den Elastizitätsmodul  $E$ ), welche im unregelmäßigen Fall zu einer sprunghaften Veränderung der Bahnspannung führen würde (hier bliebe nämlich die Dehnung aufgrund unveränderter Maschinengeschwindigkeit konstant), die Auswirkungen der Bahnspannungsregelung auf die Bahndehnung zu reduzieren, insbesondere die Regelkreisdynamik des Bahnspannungsreglers zu reduzieren.

**[0015]** In der Folge führt die Veränderung des die Bahnspannung beeinflussenden Parameters zwar zu einer im Vergleich mit einer herkömmlichen Bahnspannungsregelung größeren Veränderung der Bahnspannung, jedoch dadurch zu einer kleineren Veränderung der Bahndehnung.

**[0016]** Die Erfindung bedient sich zur Umsetzung einer Verringerung des Einflusses bzw. der Dynamik der Bahnspannungsregelung, durch geeignete Veränderung der Reglerparameter (z.B. Reduzierung der von  $K_p$ ), Aktivierung von Begrenzungen im Regler (insbesondere für die Reglerausgangsgröße) oder durch Anpassung des Sollwerts. Hierbei kann der Bahnspannungssollwert so verändert werden, dass eine Dehnungsänderung gering bleibt. Der neue Sollwert kann beispielsweise ermittelt werden, indem die sich nach der Änderung ohne Regelung ergebende Bahnspannung bestimmt wird (bspw. indem der sich ändernde Materialparameter verwendet

und daraus für eine konstante Bahndehnung die sich dann ergebende Bahnspannung berechnet wird). Alternativ kann auch die sich nach der Änderung ergebende Bahnspannung bei ausgeschalteter Bahnspannungsregelung gemessen und als neuer Bahnspannungssollwert verwendet werden. Anschließend würde die Bahnspannungsregelung mit dem neuen Sollwert wieder eingeschaltet. Ausgehend von dem neuen Bahnspannungssollwert wird dann der aktuelle Sollwert mit ausreichend niedriger Dynamik auf den ursprünglichen Wert zurückgestellt.

**[0017]** Ein einfaches Ausschalten der Bahnspannungsregelung kann das Problem nicht beheben, da dann die Dehnungsänderungen und damit die Registerfehler beim späteren Einschalten der Bahnspannungsregelung auftreten.

**[0018]** Grundsätzlich ergibt sich dabei durch die verringerte Dynamik des Bahnspannungsreglers eine Veränderung der Ist-Bahnspannung (die bei größerem Einfluss der Bahnspannungsregelung, z.B. bei starken bzw. dynamischen Reglereinstellungen, im Wesentlichen konstant gehalten werden kann). Die Erfindung geht jedoch von der Erkenntnis aus, dass das Längsregister weniger durch eine Bahnspannung als durch eine Bahndehnung beeinflusst wird. Durch die Reduzierung der Bahnspannungsregelungsdynamik wird auch die Dehnungsänderung aufgrund einer Änderung der Reglerausgangsgröße mit geringerer Dynamik erfolgen.

**[0019]** Die weniger dynamischen Dehnungsänderungen führen zu weniger dynamischen Registerabweichungen, die von einer Registerregelung leicht ausgeglichen werden können, so dass Makulatur verringert oder ganz vermieden werden kann. Ein weniger starker Eingriff eines Bahnspannungsreglers wird dazu führen, dass sich die Dauer des Ausgleichsvorgangs zwar verlängert, aber in Verbindung mit einem Registerregler, dessen Regeldynamik im geschlossenen Regelkreis größer oder gleich der Dynamik des Bahnspannungsreglers ist, der Maximalbetrag der Registerabweichung abnimmt. Vorzugsweise wird die Auswirkung der Bahnspannungsregelung auf die Bahndehnung so reduziert, dass der Betrag der auftretenden Registerabweichung einen oberen Schwellwert nicht überschreitet, so dass vorzugsweise gerade noch keine Makulatur auftritt.

**[0020]** Die Erfindung schafft eine Möglichkeit, bei Kenntnis einer anstehenden Veränderung wenigstens eines die Bahnspannung beeinflussenden Parameters im Vorhinein Maßnahmen zu treffen, um eine Makulatur gering zu halten. Der Zeitpunkt einer Änderung ist beispielsweise bei einem fliegenden Rollenwechsel, einer Veränderung des Farb- bzw. Feuchteeintrags in die Materialbahn oder einer Veränderung der Temperatur in der Maschine im Vorhinein bekannt. Die Umstellung der Bahnspannungsregelung kann daher vorzugsweise automatisch innerhalb der Steuerungseinrichtung erfolgen.

**[0021]** Die Veränderung des Farb- bzw. Feuchteeintrags in die Materialbahn kommt bei Druckverfahren Offsetdruck, Tiefdruck, Flexodruck, etc. z.B. durch "Druck

an"/"Druck ab"-Beistellungen oder durch Veränderungen in der zugeführten Farb- bzw. Wassermenge beim Druck zustande.

**[0022]** Bei Digitaldruckmaschinen kann sich die Farbmenge eines Formates infolge eines anderen gedruckten Bildes ergeben. Digitaldruckmaschinen zeichnen sich z.B. dadurch aus, dass von Format zu Format direkt unterschiedliche Produkte gedruckt werden können, ohne die Maschine anzuhalten. D.h. hier erhält man durch Farbveränderungen auch eine schlagartige Veränderung der Warenbahnmaterialeigenschaften.

**[0023]** Auch die Veränderung der Temperatur in der Maschine kann relativ schlagartig erfolgen, wenn z.B. Trockner sehr dynamisch in ihrer Heizleistung verändert werden können bzw. wenn der Trocknungsvorgang der Farbe bzw. der Warenbahn relativ schnell verändert werden können (z.B. Anschalten eines LED-Trockners).

**[0024]** Die Erfindung führt zu einer gezielten Reduzierung der Dynamik der Bahnspannungsregelung. Eine hohe Dynamik erweist sich jedoch unter normalen Betriebsbedingungen oder z.B. beim Maschinenhochlauf als vorteilhaft, um eine kurze Einschwingzeit des Bahnspannungsreglers zu erreichen und dort weniger Makulatur zu produzieren. Aus diesem Grund wird die Dynamik des Bahnspannungsreglers nach der Veränderung des wenigstens einen die Bahnspannung beeinflussenden Parameters wieder erhöht bzw. in den Normalzustand rückgesetzt. Dies kann zeitabhängig oder bei Unterschreiten eines Registerabweichungsschwellwerts geschehen. Die Umschaltung erfolgt hierbei zweckmäßigerweise nicht sprunghaft, sondern kontinuierlich oder in kleinen Schritten. Beispielsweise werden die Reglerparameter zwischen verringerter und hoher Dynamik linear interpoliert, um einen fließenden Übergang zu erreichen.

**[0025]** Vorzugsweise wird zumindest bei der Regelung mit reduziertem Einfluss eine Glättung des Bahnspannungswerts vorgenommen. Eine Glättung kann beispielsweise mit einem PT1-Glied realisiert werden, indem die Zeitkonstante  $T_1$  entsprechend erhöht wird. Eine größere Glättung führt zu einer zusätzlichen Verzögerung (Totzeit) im System und reduziert die mögliche Regelkreisdynamik. In Abhängigkeit von der Reduzierung der Regelkreisdynamik kann die Glättungszeitkonstante  $T_1$  automatisch adaptiert, in diesem Fall erhöht werden. Unter der Annahme, dass die Dynamik des geschlossenen Regelkreises umgekehrt proportional zu einer Istwertglättung ist, können bei geringer vorgegebener Regelkreisdynamik Glättungsglieder eingeführt oder bereits vorhandene Glättungszeitkonstanten vergrößert werden, ohne dass der Regelkreis dadurch instabil wird. Dadurch kann insbesondere breitbandigen Rausch-Störungen auf einem Bahnspannungswert entgegenge wirkt werden. Unerwünschte Schwankungen der Reglerausgangsgröße können dadurch reduziert werden.

**[0026]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird vor der anstehenden Veränderung des wenigstens einen die Bahnspannung beeinflussenden

Parameters die Regelkreisdynamik des Bahnspannungsreglers an die Regelkreisdynamik des Registerreglers adaptiert. Beispielsweise kann die Bandbreite des geschlossenen Bahnspannungsregelkreises auf einen festen Faktor (z.B. 1/10) der Bandbreite des geschlossenen Registerregelkreises eingestellt werden, indem die Reglerparameter des Bahnspannungsregler entsprechend adaptiert (gesenkt) werden. Hierdurch ergibt sich ein unabhängig von der Regelkreisdynamik des Registerregelkreises vergleichbares transientes Verhalten im Längsregister. Durch die Verringerung der Reglerparameter des Bahnspannungsreglers dominiert die Regelkreisdynamik des Registerreglers. D.h. der Bahnspannungsregler regelt die sprunghafte Änderung des E-Moduls und somit der Bahnspannung langsam wieder auf den Sollwert zurück, wobei aufgrund der höheren Dynamik des Registerregler dieser die dadurch erzeugten Dehnungsänderungen ausregelt, ohne dass Makulatur erzeugt wird.

**[0027]** Eine erfindungsgemäße Recheneinheit, z.B. ein Steuergerät einer Druckmaschine, ist, insbesondere programmtechnisch, dazu eingerichtet, ein erfindungsgemäßes Verfahren durchzuführen.

**[0028]** Auch die Implementierung der Erfindung in Form von Software ist vorteilhaft, da dies besonders geringe Kosten ermöglicht, insbesondere wenn eine ausführende Recheneinheit noch für weitere Aufgaben genutzt wird und daher ohnehin vorhanden ist. Geeignete Datenträger zur Bereitstellung des Computerprogramms 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.

**[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 nachfolgend 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.

**[0031]** Die Erfindung ist anhand von Ausführungsbeispielen in der Zeichnung schematisch dargestellt und wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnung ausführlich beschrieben.

#### Figurenbeschreibung

#### **[0032]**

Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung einer als Druckmaschine ausgebildeten Bearbeitungsmaschine, für die das erfindungsgemäße Verfahren geeignet ist,

Figur 2 zeigt anhand eines schematischen Blockschaltbilds einen beispielhaften Bahnspan-

nungsregelkreis und

Figur 3 zeigt ein Flussdiagramm einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

**[0033]** In Figur 1 ist ein schematischer Ausschnitt einer Druckmaschine 10 dargestellt, in der eine Materialbahn 101 durch fünf hier als Druckwerke 1 bis 5 ausgebildete Klemmstellen transportiert und bearbeitet wird. Zwischen jeweils zwei benachbarten Klemmstellen ist ein Bahnspannungsabschnitt ausgebildet. Beispielsweise ist ein Bahnspannungsabschnitt 12 durch die Druckwerke 1 und 2 begrenzt, ein Bahnspannungsabschnitt 23 durch die Druckwerke 2 und 3, ein Bahnspannungsabschnitt 34 durch die Druckwerke 3 und 4 und ein Bahnspannungsabschnitt 45 durch die Druckwerke 4 und 5. Statt Druckwerken können ebenso Transportwerke, wie Einzugs- oder Auszugswerk, betroffen sein.

**[0034]** Die Druckmaschine weist weiterhin hier als Kraftmessdosen 121 bis 124 ausgebildete Bahnspannungssensoren zur Ermittlung der Zugkraft  $F$  in den jeweiligen Bahnspannungsabschnitten auf. Die physikalischen Parameter, nämlich die Länge  $l$ , die Dehnung  $\varepsilon$  und die Zugkraft  $F$  der einzelnen Bahnspannungsabschnitte sind in der Figur ebenfalls angegeben. Unter Annahme eines üblicherweise konstanten Bahnquerschnitts ist die Zugkraft  $F$  proportional zur Bahnspannung  $\sigma$ .

**[0035]** In der gezeigten Darstellung wird die Zugkraft und damit die Bahnspannung über die Umfangsgeschwindigkeiten  $v_1$  bis  $v_5$  der Druckwerke 1 bis 5 eingestellt, welche von einer als Recheneinheit bzw. Computer 150 ausgebildeten Bahnspannungsregeleinrichtung verändert werden können. Zur Beeinflussung der Bahnspannung bspw. in dem Bahnspannungsabschnitt 34 sind zwei Strategien bekannt. Bei der Upstream-Strategie wird das Druckwerk 3 (und optional davorliegende Druckwerke) verstellt und bei der Downstream-Strategie wird das Druckwerk 4 (und optional nachfolgende Druckwerke) verstellt. Eine Erhöhung der Geschwindigkeit der vorderen Klemmstelle bewirkt eine stationäre Verringerung der Bahnzugkraft und eine Erhöhung der Geschwindigkeit der hinteren Klemmstelle bewirkt einen stationären Anstieg der Bahnzugkraft in diesem Bahnspannungsabschnitt.

**[0036]** Zur Durchführung der Bahnspannungsregelung werden die von den Sensoren 121 bis 124 erfassten Zugkraftwerte einer Einrichtung zur Bahnspannungsregelung (sog. Bahnspannungs- bzw. Zugregler) innerhalb der Recheneinheit 150 zugeführt. Der Zugregler steuert dann in Abhängigkeit von der Regelabweichung (Abweichung zwischen Soll- und Istwert) die Geschwindigkeiten  $v_1$  bis  $v_5$ , bspw. durch Beeinflussung eines Getriebefaktors (sog. Feinabgleich) zwischen Maschinengeschwindigkeit (welche üblicherweise durch eine virtuelle Leitachse vorgegeben wird) und Transportwalze.

**[0037]** In Figur 2 wird die der Erfindung zugrundelie-

gende Bahnspannungsregelung anhand eines Regelkreises 200 schematisch dargestellt. Dem Regelkreis kann beispielsweise eine Druckmaschine gemäß Figur 1 zugrunde liegen. Die Führungsgröße  $w$  (bspw. die Sollzugkraft  $F_{\text{soll}}$ ) wird einem Vergleichsglied bzw. Subtrahierglied 201 zugeführt, dem auch die Regelgröße  $y$  (bspw. die Zugkraft  $F_{\text{ist}}$ , welche wie erwähnt proportional zur Bahnspannung ist) zugeführt wird. Die sich daraus ergebende Regeldifferenz bzw. Regelabweichung  $e$  wird einem Bahnspannungs-Regelglied 202 zugeführt, welches vorliegend als PI-Glied mit einer Proportionalverstärkung  $K_P$  und einer Nachstellzeit  $T_N$  ausgebildet ist. Ohne Einschränkung kann das Regelglied auch als P-, PD- oder PID-Glied oder als anderer Regler, wie beispielsweise ein Zustandsregler, ausgeführt sein.

**[0038]** Gemäß der dargestellten Ausführungsform der Erfindung können dem Regelglied 202 von einem Schaltglied 203 verschiedene Reglerparameter zugeführt werden. Das Schaltglied 203 kann dazu dem Regelglied 202 einen ersten Satz 210 oder einen zweiten Satz 211 von Reglerparametern zuführen, die den Einfluss der Bahnspannungsregelung bestimmen. Beispielsweise kann der erste Satz von Reglerparametern zu einer dynamischen Bahnspannungsregelung für den üblichen Betrieb führen, wohingegen der zweite Satz zu einer weniger dynamischen Bahnspannungsregelung für bevorstehende sprunghafte Änderungen der Bahnspannung (bspw. aufgrund einer Änderung des E-Moduls) führt.

**[0039]** Das Regelglied 202 berechnet auf Grundlage der ihm zugeführten Reglerparameter eine Reglerausgangsgröße  $u_R$ , die der Regelstrecke (G) 204 zugeführt wird. Hinter der Regelstrecke wirkt eine Störgröße  $d$  (im gezeigten Beispiel ebenfalls additiv über ein Addierglied 205) ein, die die Regelgröße bzw. den Istwert  $y$  verändert. Dieser wird bspw. mit den genannten Sensoren gemessen und wieder an das Vergleichsglied 201 rückgeführt. Bei der Reglerausgangsgröße  $u_R$  kann es sich um einen Feinabgleich  $fa$  handeln, der die Drehgeschwindigkeit der zu regelnden Einrichtung beeinflusst.

**[0040]** In Figur 3 ist ein Flussdiagramm einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt und insgesamt mit 300 bezeichnet. In Schritt 301 befindet sich die Bearbeitungsmaschine in einem definierten Zustand ("Normalbetrieb"), in dem die Bahnspannungs-Regeleinrichtung mit einem ersten Parametersatz, bspw. dem Satz 210, beaufschlagt ist.

**[0041]** In Schritt 302 wartet das Verfahren auf eine anstehende Veränderung 311 wenigstens eines die Bahnspannung beeinflussenden Parameters, üblicherweise des Elastizitätsmoduls  $E$ . Eine solche Veränderung tritt vorhersehbar bspw. bei einem Rollenwechsel oder bei anderen bereits oben erläuterten Ereignissen auf. Dementsprechend ist der Zeitpunkt der Änderung innerhalb der Steuerung bekannt, so dass die Umstellung automatisch erfolgen kann. Es versteht sich, dass das erfindungsgemäße Verfahren jedoch prinzipiell auf beliebige Weise von einer entsprechenden Änderung in Kenntnis gesetzt werden kann. Beispielsweise können hierfür se-

parate Datenleitungen verwendet werden oder es kann eine Benutzereingabe, die in einer entsprechenden Einrichtung vorgenommen wird, beinhaltet sein.

**[0042]** In Schritt 303 nimmt das System eine Umstellung der Reglerdynamik, im Beispiel von Figur 1 bspw. durch Umstellung der Reglerparameter 210 nach 211 vor. Die Parameter können beispielsweise einer Lookup-Tabelle oder Datenbank entnommen werden. Es kann jedoch auch eine entsprechende automatische Berechnung der Parametersätze erfolgen.

**[0043]** Die neu gewählten Parameter werden beibehalten, bis eine geeignete Bedingung erfüllt ist und in Schritt 304 wieder die früheren Parameter 210 vorgegeben werden. Die Bedingung kann insbesondere das Verstreichen einer Zeitspanne oder das Absinken der Registerabweichung oder Bahnspannungsabweichung unter einen vorgegebenen Schwellwert sein. Anschließend kehrt das System in den Wartezustand 302 zurück und wartet auf eine erneute Änderung.

**[0044]** Es versteht sich, dass in der dargestellten Figur nur beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung dargestellt sind. Daneben ist jede andere Ausführungsform denkbar, ohne den Rahmen dieser Erfindung zu verlassen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Regeln der Bahnspannung einer Warenbahn (101) in einer Bahnbearbeitungsmaschine (1), wobei ein Istwert ( $y$ ) der Bahnspannung mittels eines Regelglieds (202) eines Bahnspannungsregelkreises (200) auf einen Sollwert ( $w$ ) der Bahnspannung geregelt wird, wobei dem Regelglied (202) eine Regelabweichung ( $e$ ) zugeführt wird, wobei von dem Regelglied (202) eine Reglerausgangsgröße ( $u_R$ ) ausgegeben wird, wobei vor einer anstehenden Veränderung wenigstens eines die Bahnspannung beeinflussenden Parameters die Auswirkungen der Bahnspannungsregelung auf eine Bahndehnung ( $\varepsilon$ ) reduziert werden, wobei der wenigstens eine die Bahnspannung beeinflussende Parameter ein die Warenbahn (101) kennzeichnender Parameter ist, wobei die Auswirkungen der Bahnspannungsregelung auf die Bahndehnung ( $\varepsilon$ ) durch eine Veränderung von Reglerparametern (210, 211) des Regelglieds (202), eine Begrenzung der Reglerausgangsgröße ( $u_R$ ) und/oder eine Veränderung der Bandbreite des geschlossenen Bahnspannungsregelkreises (200) reduziert werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Auswirkungen der Bahnspannungsregelung auf die Bahndehnung ( $\varepsilon$ ) bei Erfüllung einer vorbestimmten Bedingung wieder erhöht werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die vorbestimmte Bedingung ein Ablauf einer vorbestimmten Zeit-

spanne ist.

4. Verfahren zum Regeln der Bahnspannung einer Warenbahn (101) in einer Bahnbearbeitungsmaschine (1), wobei ein Istwert ( $y$ ) der Bahnspannung mittels eines Regelglieds (202) eines Bahnspannungsregelkreises (200) auf einen Sollwert ( $w$ ) der Bahnspannung geregelt wird, wobei dem Regelglied (202) eine Regelabweichung ( $e$ ) zugeführt wird, wobei von dem Regelglied (202) eine Reglerausgangsgröße ( $u_R$ ) ausgegeben wird, wobei vor einer anstehenden Veränderung wenigstens eines die Bahnspannung beeinflussenden Parameters die Auswirkungen der Bahnspannungsregelung auf eine Bahndehnung ( $\varepsilon$ ) reduziert werden, wobei der wenigstens eine die Bahnspannung beeinflussende Parameter ein die Warenbahn (101) kennzeichnender Parameter ist, wobei die Auswirkungen der Bahnspannungsregelung auf die Bahndehnung ( $\varepsilon$ ) durch eine Veränderung des Sollwerts ( $w$ ) der Bahnspannung reduziert werden, wobei die Auswirkungen der Bahnspannungsregelung auf die Bahndehnung ( $\varepsilon$ ) bei Erfüllung einer vorbestimmten Bedingung wieder erhöht werden, wobei die vorbestimmte Bedingung ein Ablauf einer vorbestimmten Zeitspanne ist.
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei als neuer Sollwert ( $w$ ) der Bahnspannung ein sich nach der Änderung ohne Regelung ergebender Istwert der Bahnspannung verwendet wird.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Auswirkungen der Bahnspannungsregelung auf die Bahndehnung ( $\varepsilon$ ) nur dann reduziert werden, wenn die anstehende Veränderung des wenigstens einen die Bahnspannung beeinflussenden Parameters einen vorbestimmten Schwellwert übersteigt.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der die Warenbahn (101) kennzeichnende Parameter der Elastizitätsmodul ist.
8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei zumindest bei der Regelung mit reduzierten Auswirkungen der Bahnspannungsregelung auf die Bahndehnung eine veränderte bzw. zusätzlich hinzugefügte Glättung des Istwerts ( $y$ ) erfolgt.
9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei vor der anstehenden Veränderung des wenigstens einen die Bahnspannung beeinflussenden Parameters die Regelkreisdynamik des Bahnspannungsregelkreises (200) auf einen Wert kleiner als die Regelkreisdynamik eines vorhandenen Registerregelkreises eingestellt wird.
10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,

wobei die Auswirkungen der Bahnspannungsregelung auf die Bahndehnung ( $\varepsilon$ ) so reduziert werden, dass eine sich durch die Veränderung des wenigstens einen die Bahnspannung beeinflussenden Parameters ergebende Registerabweichung unterhalb eines vorgegebenen Schwellwerts bleibt.

11. Recheneinheit, die dazu eingerichtet ist, ein Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche durchzuführen.
12. Bahnbearbeitungsmaschine, insbesondere Druckmaschine, mit einer Recheneinheit nach Anspruch 11.

## Claims

1. Method for controlling the web tension of a product web (101) in a web processing machine (1), wherein an actual value ( $y$ ) of the web tension is controlled by means of a control element (202) of a web tension control loop (200) to a target value ( $w$ ) of the web tension, a control deviation ( $e$ ) being fed to the control element (202), a controller output variable ( $u_R$ ) being output by the control element (202), wherein, before an impending change in at least one parameter influencing the web tension, the effects of the web tension control on a web stretch ( $\varepsilon$ ) are reduced, wherein the at least one parameter influencing the web tension is a parameter characterizing the product web (101), wherein the effects of the web tension control on the web stretch ( $\varepsilon$ ) are reduced by changing controller parameters (210, 211) of the control element (202), limiting the controller output variable ( $u_R$ ) and/or changing the bandwidth of the closed web tension control loop (200).
2. Method according to Claim 1, wherein the effects of the web tension control on the web stretch ( $\varepsilon$ ) are increased again when a predetermined condition is fulfilled.
3. Method according to Claim 2, wherein the predetermined condition is an expiry of a predetermined time interval.
4. Method for controlling the web tension of a product web (101) in a web processing machine (1), wherein an actual value ( $y$ ) of the web tension is controlled by means of a control element (202) of a web tension control loop (200) to a target value ( $w$ ) of the web tension, a control deviation ( $e$ ) being fed to the control element (202), a controller output variable ( $u_R$ ) being output by the control element (202), wherein, before an impending change in at least one parameter influencing the web tension, the effects of the web tension control on a web stretch ( $\varepsilon$ ) are reduced,

wherein the at least one parameter influencing the web tension is a parameter characterizing the product web (101), wherein the effects of the web tension control on the web stretch ( $\varepsilon$ ) are reduced by changing the set point ( $w$ ) of the web tension, wherein the effects of the web tension control on the web stretch ( $\varepsilon$ ) are increased again when a predetermined condition is fulfilled, wherein the predetermined condition is an expiry of a predetermined time interval.

5. Method according to Claim 4, wherein the new set point ( $w$ ) of the web tension used is an actual value of the web tension resulting after the change without control.
6. Method according to one of the preceding claims, wherein the effects of the web tension control on the web stretch ( $\varepsilon$ ) are reduced only when the impending change in the at least one parameter influencing the web tension exceeds a predetermined threshold value.
7. Method according to one of the preceding claims, wherein the parameter characterizing the product web (101) is the modulus of elasticity.
8. Method according to one of the preceding claims, wherein, at least during the control with reduced effects of the web tension control on the web stretch, changed or additionally added smoothing of the actual value ( $y$ ) is carried out.
9. Method according to one of the preceding claims, wherein, before the impending change in the at least one parameter influencing the web tension, the control loop dynamics of the web tension control loop (200) are set to a value less than the control loop dynamics of an existing register control loop.
10. Method according to one of the preceding claims, wherein the effects of the web tension control on the web stretch ( $\varepsilon$ ) are reduced such that a register deviation resulting from the change in the at least one parameter influencing the web tension remains below a predefined threshold value.

11. Computing unit which is set up to carry out a method according to one of the preceding claims.

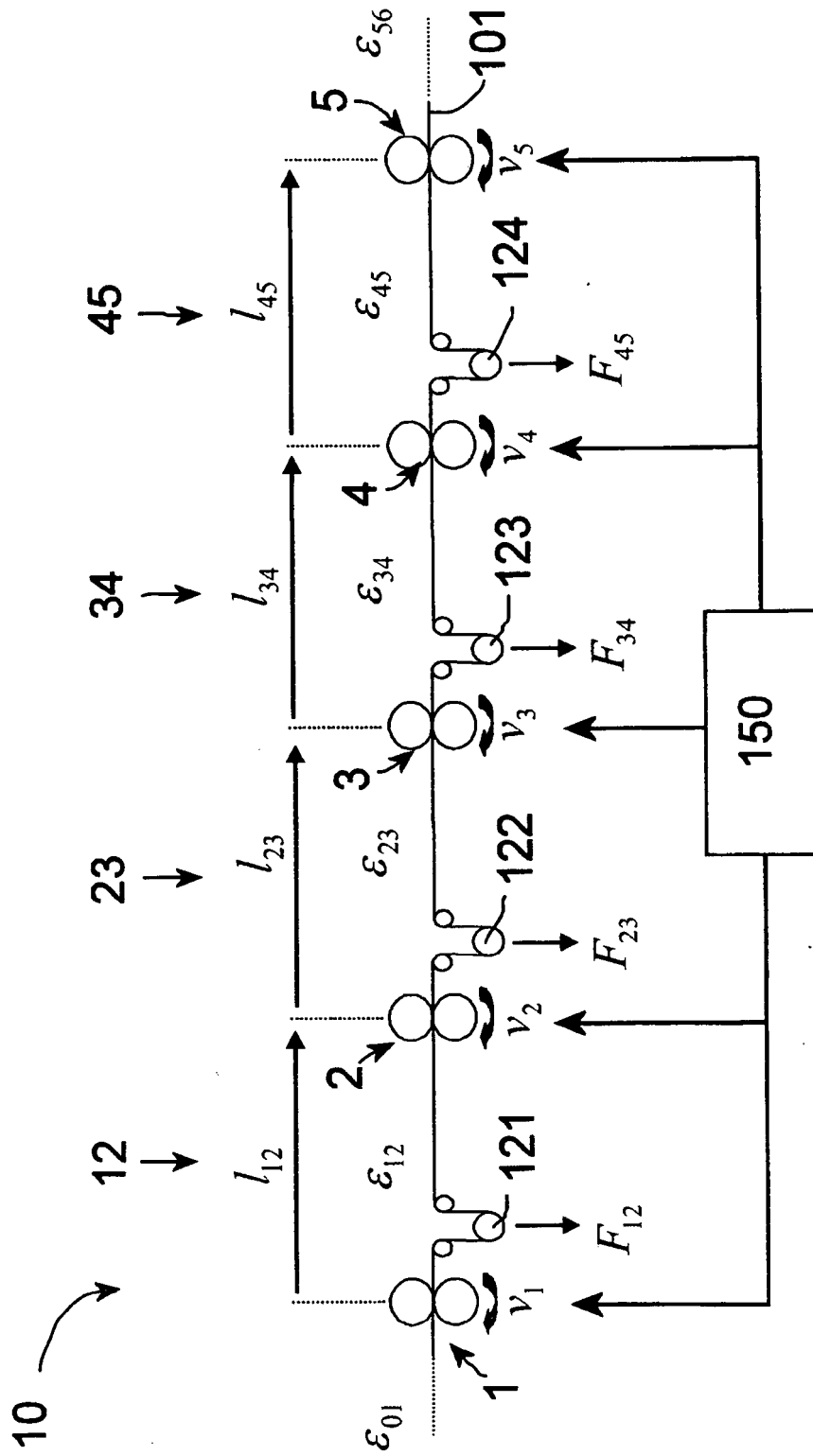
12. Web processing machine, in particular a printing press, having a computing unit according to Claim 11.

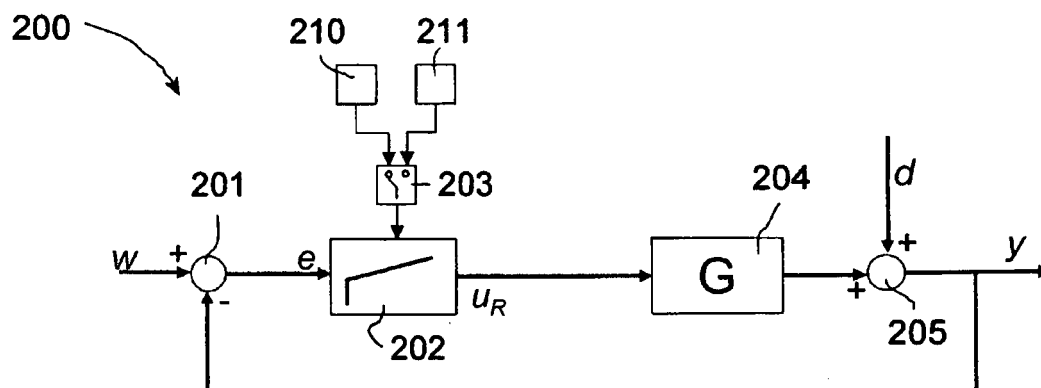
## Revendications

1. Procédé de régulation de la tension de bande d'une bande de produits (101) dans une machine de trai-

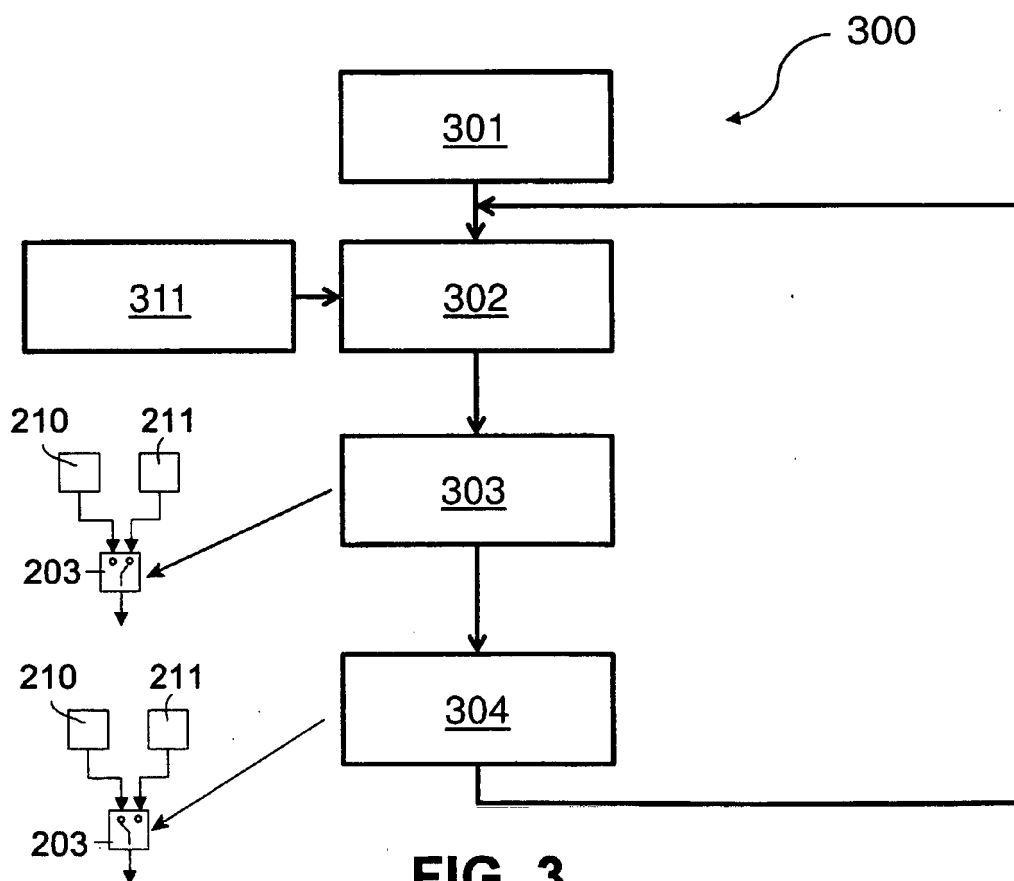
- tement de bande (1), dans lequel une valeur effective ( $y$ ) de la tension de bande est régulée au moyen d'un élément de régulation (202) d'un circuit de régulation de tension de bande (200) à une valeur nominale ( $w$ ) de la tension de bande, dans lequel un écart de réglage ( $e$ ) est fourni à l'élément de régulation (202), dans lequel une grandeur de sortie de régulation ( $u_R$ ) est délivrée par l'élément de régulation (202), dans lequel, avant une prochaine modification d'au moins un paramètre influençant la tension de bande, les effets de la régulation de la tension de bande sur un allongement de bande ( $\varepsilon$ ) sont réduits, dans lequel l'au moins un paramètre influençant la tension de bande est un paramètre caractérisant la bande de produits (101), dans lequel les effets de la régulation de la tension de bande sur l'allongement de bande ( $\varepsilon$ ) sont réduits par une modification de paramètres de régulation (210, 211) de l'élément de régulation (202), une limitation de la grandeur de sortie de régulation ( $u_R$ ) et/ou une modification de la largeur de bande du circuit fermé de régulation de tension de bande (200).
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel les effets de la régulation de la tension de bande sur l'allongement de bande ( $\varepsilon$ ) sont de nouveau augmentés lorsqu'une condition prédéterminée est satisfaite.
  3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel la condition prédéterminée est l'expiration d'un intervalle de temps prédéterminé.
  4. Procédé de régulation de la tension de bande d'une bande de produits (101) dans une machine de traitement de bande (1), dans lequel une valeur effective ( $y$ ) de la tension de bande est régulée au moyen d'un élément de régulation (202) d'un circuit de régulation de tension de bande (200) à une valeur nominale ( $w$ ) de la tension de bande, dans lequel un écart de réglage ( $e$ ) est fourni à l'élément de régulation (202), dans lequel une grandeur de sortie de régulation ( $u_R$ ) est délivrée par l'élément de régulation (202), dans lequel, avant une prochaine modification d'au moins un paramètre influençant la tension de bande, les effets de la régulation de la tension de bande sur un allongement de bande ( $\varepsilon$ ) sont réduits, dans lequel l'au moins un paramètre influençant la tension de bande est un paramètre caractérisant la bande de produits (101), dans lequel les effets de la régulation de la tension de bande sur l'allongement de bande ( $\varepsilon$ ) sont réduits par modification de la valeur nominale ( $w$ ) dans lequel les effets de la régulation de la tension de bande sur l'allongement de bande ( $\varepsilon$ ) sont de nouveau augmentés lorsqu'une condition prédéterminée est satisfaite, dans lequel la condition prédéterminée est l'expiration d'un intervalle de temps prédéterminé.
  5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel, en tant que nouvelle valeur nominale ( $w$ ) de la tension de bande, on utilise une valeur instantanée de la tension de bande se produisant après la modification sans régulation.
  6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les effets de la régulation de tension de bande sur l'allongement de bande ( $\varepsilon$ ) ne sont réduits que lorsque les prochaines modifications de l'au moins un paramètre influençant la tension de bande dépassent une valeur de seuil prédéterminée.
  7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le paramètre caractérisant la bande de produits (101) est le module d'élasticité.
  8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel il se produit au moins un lissage modifié ou appliqué de manière supplémentaire de la valeur instantanée ( $y$ ) lors de la régulation avec des effets réduits de la régulation de la tension de bande sur l'allongement de bande.
  9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel, avant la prochaine modification de l'au moins un paramètre influençant la tension de bande, la dynamique de circuit de régulation concernant le circuit de régulation de tension de bande (200) est réglée à une valeur inférieure à la dynamique de circuit de régulation concernant un circuit de régulation de repérage existant.
  10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les effets de la régulation de la tension de bande sur l'allongement de bande ( $\varepsilon$ ) sont réduits de manière à ce qu'un écart de repérage se produisant du fait de la modification de l'au moins un paramètre influençant la tension de bande reste inférieur à une valeur de seuil prédéterminée.
  11. Unité de calcul conçue pour mettre en oeuvre un procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes.
  12. Machine de traitement de bande, notamment machine d'impression, comportant une unité de calcul selon la revendication 11.







**FIG. 2**



**FIG. 3**

## IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

### In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1790601 A2 [0006]
- DE 102008035639 A1 [0007]
- DE 102009019624 A1 [0008]
- WO 0207975 A1 [0010]

### In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Online-Rekonstruktion von Elastizitätsmodul-Änderungen der Papierbahn in Rollendruckmaschinen. Vortrag von Prof. Brandenburg auf der SPS/IPC/Drives, 2008 [0009]