



(11) **EP 1 795 470 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
13.06.2007 Patentblatt 2007/24

(51) Int Cl.:
B65H 23/188 (2006.01) B41F 13/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06020362.7**

(22) Anmeldetag: **28.09.2006**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(71) Anmelder: **Bosch Rexroth AG**
70184 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder: **Schultze, Stephan, Dr.**
97816 Lohr (DE)

(30) Priorität: **09.12.2005 DE 102005058810**

(54) **Verfahren zum Bestimmen einer Bahnspannung**

(57) Es wird ein Verfahren zum Bestimmen einer Bahnspannung (S2, S3, S4) wenigstens eines zweiten Bahnspannungsabschnitts (112, 113, 114) in einer wenigstens zwei Bahnspannungsabschnitte (111, 112, 113, 114) aufweisenden Warenbahn (101) vorgeschlagen, wobei die Bahnspannung (S1) wenigstens eines ersten (111) Bahnspannungsabschnitts ermittelt wird. Die Bahnspannung (S2, S3, S4) des wenigstens einen zweiten Bahnspannungsabschnitts (112, 113, 114) wird anschließend auf Grundlage der ermittelten Bahnspannung (S1) des wenigstens einen ersten Bahnspannungsabschnitts (111) bestimmt. Damit können vorteilhaft viele Messvorrichtungen eingespart werden.

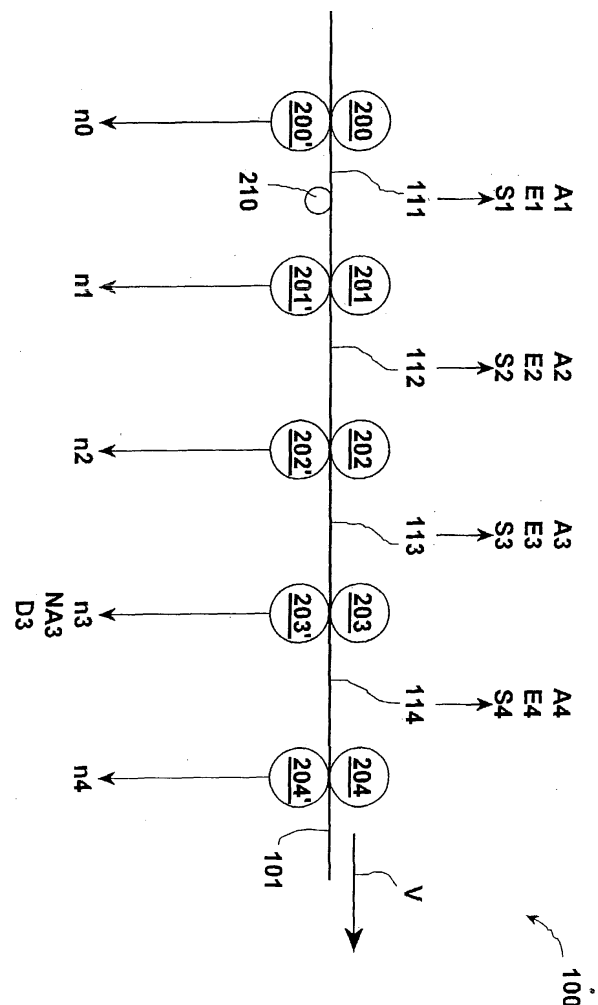


FIG. 1

EP 1 795 470 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen einer Bahnspannung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Stand der Technik

[0002] Es existieren verschiedene Vorrichtungen oder Maschinen, bei denen eine Warenbahn in einzelnen Warenbahnabschnitten mit zugehörigen Bahnspannungen verarbeitet wird. Die Regelung der Bahnspannung einer Warenbahn ist ein komplexer Vorgang, an dem eine Vielzahl von Variablen beteiligt ist. Für die Regelung der Bahnspannung auf einen vorgegebenen Sollwert ist die Kenntnis eines momentanen Istwerts erforderlich.

[0003] Be- bzw. Verarbeitungsmaschinen, bei denen die Warenbahn in Abschnitte verschiedener Bahnspannung unterteilt ist, finden sich vor allem im Bereich Papier, Pappe, Kunststoff- und Metallfolien. Bei diesen Maschinen ist die Warenbahn beim Durchlaufen durch die Maschine in wenigstens zwei Abschnitte unterteilt, wobei jeder Abschnitt einen vorbestimmten Bahnspannungswert aufweisen soll.

[0004] Im Stand der Technik wird dazu die Bahnspannung in jedem Abschnitt mittels geeigneter Bahnspannungssensoren gemessen und durch eine entsprechende Beeinflussung der Maschine auf den Sollwert geregelt. Beispielsweise werden die Geschwindigkeiten der Transportachsen derart verändert, dass die Bahnspannung in jedem Abschnitt dem jeweiligen Sollwert folgt. Hierzu sind Bahnspannungsregelungen bekannt, wie z.B. das System SYNAX, das eine solche Funktion zur Bahnspannungsregelung aufweist.

[0005] In der EP 0 914 944 wird ein Spannungsregelsystem mit mehreren Spannungsdetektoren, die auf den stromaufwärtigen Seiten von Druckzylindern und auf den stromaufwärtigen Seiten von Spannwalzen angeordnet sind, um Spannungen an einer Bahn entsprechend festzustellen, offenbart, wobei Geschwindigkeits-Einstellmittel zur Einstellung entsprechender Rotationsgeschwindigkeiten der Druckzylinder und der Spannwalzen auf der Basis von Ausgangssignalen von Reglern, zu welchen festgestellte Werte von entsprechenden Spannungsdetektoren zurückgeführt werden, vorgesehen sind, wobei den Reglern Spannungseinstellvorrichtungen zugeordnet sind und wobei die Regler die festgestellten Werte von den Spannungsdetektoren und Sollwerte von den Spannungseinstellvorrichtungen miteinander vergleichen und die Ausgangssignale für die Regelung der Rotationsgeschwindigkeiten der Druckzylinder und der Spannwalzen ausgeben, um die verglichenen Werte entsprechend gegen Null zu reduzieren.

[0006] Da die Verstellung einer Antriebsachse auf die Bahnspannung mehrerer Abschnitte wirkt, besitzt z.B. das System SYNAX die Möglichkeit, eine Stellachse von zwei Bahnspannungsregelungen steuern zu lassen. D.h. die Bahnspannungsregelung eines Abschnitts kann sowohl die vorherige als auch die nachfolgende Transportachse verstellen, um bei Regelvorgängen in diesem Abschnitt, die Bahnspannung in den angrenzenden Abschnitten nicht zu beeinflussen. Je nach Zeitkonstante der Regelungen können hierdurch Schwingvorgänge auftreten.

[0007] Im genannten Stand der Technik ist somit für jeden Bahnspannungsabschnitt eine eigene Messvorrichtung vorgesehen, wobei zusätzlich eine Beeinflussung der Spannungsverstellungen der einzelnen Abschnitte untereinander nicht vollständig vermieden werden kann.

[0008] Es stellt sich somit die Aufgabe, ein verbessertes Verfahren zum Bestimmen einer Bahnspannung anzugeben, das die oben genannten Probleme nicht aufweist.

[0009] Erfindungsgemäß werden daher ein Verfahren zum Bestimmen einer Bahnspannung sowie eine entsprechende Recheneinheit, ein Computerprogramm und ein Computerprogrammprodukt mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche vorgestellt. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche und der nachfolgenden Beschreibung.

Vorteile der Erfindung

[0010] Bei dem Verfahren zum Bestimmen einer Bahnspannung wenigstens eines zweiten Bahnspannungsabschnitts in einer wenigstens zwei Bahnspannungsabschnitte aufweisenden Warenbahn wird zunächst die Bahnspannung wenigstens eines ersten Bahnspannungsabschnitts ermittelt. Die Bahnspannung des wenigstens einen zweiten Bahnspannungsabschnitts wird dann auf Grundlage der ermittelten Bahnspannung des wenigstens einen ersten Bahnspannungsabschnitts bestimmt. An dieser Stelle soll klargestellt werden, dass die Bahnspannung des wenigstens einen zweiten Bahnspannungsabschnitts insbesondere nicht gemessen wird.

[0011] Mit der erfindungsgemäßen Lösung kann vorteilhaft eine Vielzahl von Messsensoren zur Ermittlung der Bahnspannung eingespart werden. Je nach Ausführungsform der Erfindung können alle oder alle bis auf eine Messvorrichtung eingespart werden. Damit ist eine erhebliche Kosten- und Materialeinsparung möglich, da die übrigen Bahnspannungswerte mittels Berechnung oder Schätzung bestimmt werden. Das erfindungsgemäße Verfahren kann sehr vorteilhaft in Verbindung mit einer Bahnspannungsregelung eingesetzt werden. Die erhaltenen Werte werden zweckmäßig mit vorgeesehenen Soll-Bahnspannungswerten verglichen und die Bahnspannung wird danach entsprechend geregelt. Weiter-

hin kann die gegenseitige Beeinflussung vorteilhaft reduziert werden. Wenn bei der erfindungsgemäßen Lösung die unterschiedlichen Bahnspannungsregler über eine Vorsteuerung automatisch frühzeitig Veränderungen der vorhergehenden Bahnspannungsabschnitte erhalten, sind die Ausgleichsvorgänge wesentlich kürzer.

[0012] Vorteilhafterweise wird die Bahnspannung des wenigstens einen ersten Bahnspannungsabschnitts gemessen. Dazu können beispielsweise eine Messwalze und eine Druckdose verwendet werden, wie es im Stand der Technik bekannt ist. Damit wird ein absoluter Bahnspannungswert bestimmt, der zum Bestimmen der übrigen Bahnspannungswerte verwendet werden kann.

[0013] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Lösung wird die Bahnspannung des wenigstens einen ersten Bahnspannungsabschnitts unter Berücksichtigung eines Elastizitätsmoduls des Warenbahnmaterials und einer Drehzahl wenigstens zweier Transportachsen ermittelt. Auch damit wird ein absoluter Bahnspannungswert ermittelt, der zum Bestimmen der übrigen Bahnspannungswerte verwendet werden kann. Unter der Annahme eines schlupffreien Transports berechnet sich der Bahnspannungswert $S1$ in dem wenigstens einen ersten Bahnspannungsabschnitt zwischen zwei Transportachsen mit den Drehzahlen $n1$ und $n2$ unter Berücksichtigung des Elastizitätsmoduls

E des Warenbahnmaterials zu $S1 = E \cdot \frac{n2 - n1}{n1}$, wobei der Transport von der Transportachse bzw. -walze mit der

Drehzahl $n1$ in Richtung der Transportachse mit der Drehzahl $n2$ erfolgt. Der Term $\frac{n2 - n1}{n1}$ beschreibt eine Dehnung d.

[0014] Gemäß einer ebenso bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Lösung wird die Bahnspannung des wenigstens einen ersten Bahnspannungsabschnitts unter Berücksichtigung eines bekannten Bahnspannungswertes, insbesondere mittels eines Tänzers anhand des durch den Tänzer eingprägten Bahnspannungswertes, und eines Antriebsmoments wenigstens einer Transportachse ermittelt. Auch damit wird ein absoluter Bahnspannungswert ermittelt, der zum Bestimmen der übrigen Bahnspannungswerte verwendet werden kann. Beispielsweise wird zur Ermittlung einer Bahnspannung $S1$ unter Berücksichtigung der bekannten Bahnspannung $S0$ das Antriebsmoment N der Transportachse zwischen den Abschnitten mit den Bahnspannungen $S0$ und $S1$ berücksichtigt. Das Antriebsmoment N ist bei einer Maschine typischerweise ermittelbar. Es kann bspw. von dem Antrieb oder von der Zugregelung gelesen werden. Vom Antriebsmoment N kann vorzugsweise über den Durchmesser D (Hebelgesetz) auf die bahnspannungsverändernde Kraft $F1 = 2N/D$ und daraus auf die eingespeiste Bahnspannung $F1$ geschlossen werden. $S1$ berechnet sich dann zu $S1 = S0 - F1$. Arbeitet der Antrieb dabei im motorischen Bereich (positives Antriebsmoment), so wird die Bahnspannung im Abschnitt 1 niedriger sein, als im Abschnitt 0. Arbeitet er im generatorischen Betrieb (negatives Antriebsmoment), so wird die Bahnspannung im Abschnitt 1 höher sein als im Abschnitt 0.

[0015] Es ist zweckmäßig, wenn bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Bahnspannung des wenigstens einen zweiten Bahnspannungsabschnitts anhand einer Drehzahl wenigstens zweier Transportachsen bestimmt wird. Ist in einem Abschnitt die Bahnspannung $S1$ bekannt, kann anhand der Drehzahlen der den Bahnabschnitt begrenzenden Transportachsen auf den Elastizitätsmodul geschlossen werden. Wird diese Konstante der Warenbahn nicht verändert (z.B. durch Bearbeitung), so kann in einem anderen Abschnitt auf die darin enthaltene Bahnspannung $S2$ geschlossen werden. Hierfür werden die Elastizitätsmoduln in beiden Abschnitten gleichgesetzt. Damit wird ein Bahnspannungswert $S2$ des wenigstens einen zweiten Bahnspannungsabschnitts auf Grundlage des Bahnspannungswertes $S1$ des ersten Bahnspannungsabschnitts bestimmt. Über die Drehzahlen der beteiligten Transportachsen erhält man, wie weiter oben

beschrieben, die Dehnungen $d1$ und $d2$ der Abschnitte. Daraus bestimmt man $S2 = S1 \cdot \frac{d2}{d1}$

[0016] Es ist zweckmäßig, wenn bei dem erfindungsgemäßen Verfahren Veränderungen einer Dehnungseigenschaft, insbesondere eines Elastizitätsmoduls, der Warenbahn berücksichtigt wird. Der Elastizitätsmodul wird typischerweise durch Bearbeitung an der Bahn verändert. Ist diese Veränderung bekannt, kann dies beim Bestimmen der Bahnspannung berücksichtigt werden. Damit kann die Genauigkeit des Verfahrens erhöht werden.

[0017] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird für das Elastizitätsmodul ein von einem ersten Querschnitt der Warenbahn in einem Bahnspannungsabschnitt abweichender zweiter Querschnitt der Warenbahn in einem anderen Bahnspannungsabschnitt linear mit dem Verhältnis des ersten zum zweiten Querschnitt berücksichtigt. Wird beispielsweise durch Bearbeitung der Bahn deren Querschnitt verändert, z.B. durch Beschneiden des Randes oder Ausstanzen von Material, so wird sich der Elastizitätsmodul entsprechend verändern. Wird beispielsweise der Querschnitt der Warenbahn verringert, wird sich auch der Elastizitätsmodul verringern. Als Näherung kann man dabei einen linearen Zusammenhang zwischen Warenbahnbreite bzw. Querschnitt A und Elastizitätsmodul E annehmen. Wird

der Querschnitt von $A1$ auf $A2$ geändert, so ändert sich der Elastizitätsmodul von $E1$ auf $E2 = E1 \cdot \frac{A2}{A1}$. Somit ergibt

sich die Bahnspannung S_2 im Bahnspannungsabschnitt mit dem Querschnitt A_2 zu $S_2 = S_1 \cdot \frac{d_2}{d_1} \cdot \frac{A_2}{A_1}$. Damit kann

die Genauigkeit des Verfahrens erhöht werden.

[0018] Es ist vorteilhaft, wenn bei der Erfindung ein Schlupf der Transportachsen durch Schätzung des Schlupfes berücksichtigt wird. Ebenso vorteilhaft wird der Schlupf der Transportachsen durch Messung des Schlupfes berücksichtigt. Ist der Transport nicht komplett schlupffrei. (z.B. durch nicht fest angestellte Gegendruckwalzen), so kann bei Kenntnis dieses Schlupfes dieser mit in die Bestimmung der Drehzahlverhältnisse mit einbezogen werden. Dieser Schlupf kann dabei nicht automatisch ermittelt werden, sondern muss geschätzt oder gemessen werden, z.B. mittels

eines Messrades. Damit kann die Genauigkeit des Verfahrens erhöht werden.

[0019] Bevorzugterweise wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Bahnspannung des wenigstens einen zweiten Bahnspannungsabschnitts anhand eines Antriebsmoments wenigstens einer Transportachse bestimmt.

[0020] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Antriebsmoment anhand eines Durchmessers der wenigstens einen Transportachse mittels eines Hebelgesetzes in eine bahnspannungsverändernde Kraft umgerechnet.

[0021] Zweckmäßigerweise wird bei der Erfindung, insbesondere beim Bestimmen der bahnspannungsverändernden Kraft, ein Reibmoment der wenigstens einen Transportachse berücksichtigt. Das Reibmoment kann z.B. als Summe eines konstanten Wertes und eines geschwindigkeitsabhängigen bzw. drehzahlproportionalen Wertes oder einer anderen vorgebbaren drehzahlabhängigen Kennlinie berücksichtigt werden. Die Kompensationswerte können dabei einfach anhand einer manuellen, teilautomatisierten oder vollautomatisierten Messfahrt ohne Warenbahn ermittelt werden. Damit lässt sich die Genauigkeit der Bahnspannungsbestimmung erhöhen.

[0022] Ebenso zweckmäßig wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ein Bearbeitungsmoment einer Bearbeitungsachse innerhalb eines Bahnspannungsabschnitts berücksichtigt. Hierdurch ist eine zu bestimmende Anspannung genauer ermittelbar. Es bietet sich an, das Bearbeitungsmoment mit einem konstanten und einem drehzahlproportionalen Anteil zu berücksichtigen. Diese Ausgestaltung ermöglicht insbesondere die Verwendung eines einfachen Rechenmodells.

[0023] Zweckmäßigerweise wird bei der Erfindung eine Messung der Antriebsmomente mittels einer Filterung der gemessenen Momente, der ermittelten Reibungen und/oder der Bearbeitungskräfte durchgeführt. Hiermit ist eine Glättung ermittelter Bahnspannungswerte über die Zeit, und somit eine leichtere Weiterverarbeitbarkeit der ermittelten Werte erzielbar.

[0024] Zweckmäßigerweise wird bei der Erfindung bei einer Messung der Antriebsmomente eine Kalibrierung von Antriebsdaten, insbesondere einer Drehmomentkonstante des Motors, berücksichtigt. Die Genauigkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Bestimmen einer Bahnspannung ist hiermit verbesserbar.

[0025] Zweckmäßigerweise werden bei der Erfindung die Antriebsdaten anhand einer manuellen, teilautomatisierten oder vollautomatisierten Messfahrt ermittelt. Hierdurch ist für einen Benutzer die Handhabbarkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. Systems verbessert.

[0026] Zweckmäßigerweise wird bei der Erfindung ein Feldschwächbetrieb eines Motors der Ermittlung des Antriebsmoments berücksichtigt. Diese Berücksichtigung erhöht gleichfalls die Genauigkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0027] Eine erfindungsgemäße Recheneinheit bestimmt die Bahnspannung des wenigstens einen zweiten Bahnspannungsabschnitts auf Grundlage der im ersten Bahnspannungsabschnitt ermittelten Bahnspannung nach einem erfindungsgemäßen Verfahren.

[0028] Ein erfindungsgemäßes Computerprogramm enthält Programmcodemittel, um die Bahnspannung des wenigstens einen zweiten Bahnspannungsabschnitts auf Grundlage der im ersten Bahnspannungsabschnitt ermittelten Bahnspannung gemäß des erfindungsgemäßen Verfahrens zu bestimmen, wenn das Computerprogramm auf einem Computer oder einer entsprechenden Recheneinheit, insbesondere einer der erfindungsgemäßen Recheneinheiten, ausgeführt wird.

[0029] Ein erfindungsgemäßes Computerprogrammprodukt beinhaltet Programmcodemittel, die auf einen computerlesbaren Datenträger gespeichert sind, um die Bahnspannung des wenigstens einen zweiten Bahnspannungsabschnitts auf Grundlage der im ersten Bahnspannungsabschnitt ermittelten Bahnspannung gemäß des erfindungsgemäßen Verfahrens zu bestimmen, wenn das Computerprogrammprodukt auf einen Computer oder auf einer entsprechenden Recheneinheit, insbesondere einer der erfindungsgemäßen Recheneinheiten, ausgeführt wird. Geeignete Datenträger sind insbesondere Disketten, Festplatten, Flash-Speicher, EEPROMs, CD-ROMs, u.a.m. Auch ein Download eines Programms über Computernetze (Internet, Intranet usw.) ist möglich.

[0030] Die erfindungsgemäße Lösung wird bevorzugt in Verbindung mit einer Bahnspannungsregelung verwendet.

[0031] Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der beiliegenden Zeichnung.

[0032] 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.

[0033] Die Erfindung ist anhand eines Ausführungsbeispiels in der Zeichnung schematisch dargestellt und wird im folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnung ausführlich beschrieben.

5 Figurenbeschreibung

[0034]

Figur 1 zeigt schematisch den Aufbau einer Verarbeitungsmaschine, bei der eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vorteilhaft angewendet werden kann; und

Figur 2 zeigt ein Flussdiagramm einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Verwendung für die Verarbeitungsmaschine gemäß Figur 1.

15 **[0035]** In Figur 1 ist eine Verarbeitungsmaschine, bei der eine Warenbahn 101 in Abschnitte verschiedener Bahnspannung unterteilt ist, insgesamt mit 100 bezeichnet. In der Verarbeitungsmaschine 100 wird eine Warenbahn 101 transportiert und verarbeitet. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden die Verarbeitungsvorrichtungen nicht selbst gezeigt. Die Warenbahn 101 bewegt sich im vorliegenden Beispiel in die Richtung, die durch einen Pfeil V angegeben wird.

20 **[0036]** Die Warenbahn 101 ist, wie erwähnt, in mehrere Warenbahnabschnitte 111 bis 114 unterteilt. Jeder Warenbahnabschnitt 111 bis 114 weist eine Ist- und eine Soll-Warenbahnspannung auf. Den Warenbahnabschnitten 111 bis 114 sind jeweils Warenbahnquerschnitte A1 bis A4 und Elastizitätsmoduln E1 bis E4 zugehörig.

25 **[0037]** Die Warenbahnabschnitte 111 bis 114 werden durch die zugehörigen Transportachsen begrenzt. So wird beispielsweise der Warenbahnabschnitt 111 auf der einen Seite durch die Transportachsen 200, 200' und auf der anderen Seite durch die Transportachsen 201, 201' begrenzt. Bei den Transportachsen 200 bis 204 handelt es sich um die angetriebenen Transportachsen, wohingegen es sich bei den Transportachsen 200' bis 204' zum Beispiel um antriebslose Gegendruckachsen handelt. Die Transportachsen 200, 200' drehen sich mit einer Drehzahl n_0 , die Transportachsen 201, 201' drehen sich mit einer Drehzahl n_1 , usw. Die Transportachsen 204, 204' schließlich drehen sich mit einer Drehzahl n_4 .

30 **[0038]** Im Warenbahnabschnitt 111 ist eine Messvorrichtung 210 zur Ermittlung einer absoluten Bahnspannung S_1 in diesem Abschnitt vorgesehen. Gemäß der vorgeschlagenen Lösung werden die Warenbahnspannungen in den Abschnitten 112, 113 und 114 anhand dieser ermittelten ersten Warenbahnspannung bestimmt. Für diese Warenbahnabschnitte 112 bis 114 sind keine Messvorrichtungen vorgesehen.

[0039] Im folgenden wird in Verbindung mit Figur 2 erläutert, wie die Warenbahnspannung in den einzelnen Abschnitten 111 bis 114 bestimmt wird.

35 **[0040]** Das Verfahren beginnt in einem Verfahrensschritt 301. Anschließend wird in einem Schritt 302 die Warenbahnspannung S_1 im Abschnitt 111 mittels der Messeinrichtung 210 ermittelt. Anhand der Drehzahlen n_0 und n_1 der den Bahnabschnitt 111 begrenzenden Transportachsen 200, 200', 201, 201' wird in einem Verfahrensschritt 303 eine Dehnung d_1 des Warenbahnabschnitts 111 bestimmt.

40 **[0041]** Aus der Warenbahnspannung S_1 und der Dehnung d_1 im ersten Warenbahnabschnitt 111 wird in einem Schritt 304 ein Elastizitätsmodul E_1 der Warenbahn im Abschnitt 111 bestimmt.

45 **[0042]** Anhand der Drehzahlen n_1 , n_2 der zugehörigen Transportachsen 201, ..., 202' wird in einem Schritt 305 eine Dehnung d_2 des Warenbahnabschnitts 112 bestimmt. Da durch die im Warenbahnabschnitt 112 vorgenommene Verarbeitung der Warenbahn (nicht gezeigt) der Elastizitätsmodul nicht verändert wird, kann hier ein Elastizitätsmodul E_2 des Warenbahnabschnitts 112 gleich dem Elastizitätsmodul E_1 des Warenbahnabschnitts 111 gesetzt werden. Daraus wird in einem Verfahrensschritt 306 eine Warenbahnspannung S_2 des Warenbahnabschnitts 112 zu $S_2 = E_2 \times d_2$ bestimmt.

[0043] In Warenbahnabschnitt 113 erfolgt eine Verarbeitung der Warenbahn derart, dass eine Veränderung des Warenbahnquerschnitts herbeigeführt wird. Der Warenbahnquerschnitt A_3 im Warenbahnabschnitt 113 unterscheidet sich demnach vom Warenbahnquerschnitt A_2 im Abschnitt 112.

50 **[0044]** In einem Verfahrensschritt 307 wird anhand der Drehzahlen n_2 und n_3 der zugehörigen Transportachsen 202, ... 203' eine Dehnung d_3 im Warenbahnabschnitt 113 bestimmt. In einem Verfahrensschritt 308 wird ein Elastizitätsmodul E_3 des Warenbahnabschnitts 113 anhand der Querschnitte A_3 und A_2 und des Elastizitätsmoduls E_2 zu $E_3 = E_2 \times A_3/A_2$ bestimmt.

55 **[0045]** In einem Verfahrensschritt 309 wird eine Bahnspannung S_3 des Warenbahnabschnitts 113 anhand der Dehnung d_3 und des Elastizitätsmoduls E_3 des Warenbahnabschnitts 113 zu $S_3 = E_3 \times d_3$ bestimmt.

[0046] Eine Warenbahnspannung S_4 im Warenbahnabschnitt 114 wird anhand von Antriebsmomenten der betreffenden Transportachsen bestimmt. In einen Verfahrensschritt 310 wird dazu ein Antriebsmoment NA_3 der Transportachse 203 ermittelt. Da ein Durchmesser D_3 der Antriebsachse 203 üblicherweise konstruktiv bekannt ist, wird in einem

Verfahrensschritt 311 mittels des Hebelgesetzes anhand des Antriebsmoments NA3 und des Durchmessers D3 die von der Antriebsachse 203 eingespeiste Bahnspannung SA3 zu $SA3 = 2NA3/D3$ bestimmt.

[0047] Schließlich wird in einem Verfahrensschritt 312 eine Bahnspannung S4 des Warenbahnabschnitts 114 anhand der ermittelten Warenbahnspannung S3 und der ermittelten eingespeisten Warenbahnspannung SA3 zu $S4 = S3 - SA3$ bestimmt. Arbeitet die Transportachse 203 im motorischen Bereich, ergibt sich ein positives Antriebsmoment NA3, arbeitet sie hingegen im generatorischen Bereich, ergibt sich ein negatives Antriebsmoment NA3.

[0048] Bei der Bestimmung der Bahnspannung anhand der Antriebsmomente ist nachteilig, dass Bearbeitungskräfte die Bahnspannung beeinflussen, Reibmomente durch nichtangetriebene Leitwalzen die Bahnspannung beeinflussen, Reibmomente durch die Transportwalzen die Bahnspannung beeinflussen, die Messung des Antriebsmoments häufig ungenau ist, da das Antriebsmoment oft durch Messung des drehmomentbildenden Stroms und Multiplikation der Drehmomentkonstante des Motors ermittelt wird, wobei besonders die Kenntnis der Drehmomentkonstante starken Fertigungsstreuungen unterworfen ist, und die Messung des Antriebsmoments im Antrieb oft stark schwankenden Werten unterworfen ist. Diesen Nachteilen kann durch die oben genannten Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens begegnet werden, wodurch die Genauigkeit dieser Bestimmung verbessert wird.

[0049] In einem Verfahrensschritt 313 werden die Ist-Bahnspannungswerte S1 bis S4 mit den Soll-Bahnspannungswerten verglichen. Abweichungen werden durch im Stand der Technik bekannte Maßnahmen (Drehzahlveränderung der Transportachse usw.) kompensiert. Damit kann die vorgeschlagene Lösung vorteilhaft in Verbindung mit der Regelung von Bahnspannungen verwendet werden.

[0050] Das Verfahren endet in einem Schritt 314.

Bezugszeichen

[0051]

100	Verarbeitungsmaschine
101	Warenbahn
111, 112, 113, 114	Warenbahnabschnitte
200, 201, 202, 203, 204,	Antriebswalze
200', 201', 202', 203', 204'	Gegendruckwalze
n0, ..., n4	Drehzahlen
E1, ..., E4	Elastizitätsmoduln
A1, ..., A4	Querschnitte
S1, ..., S4	Warenbahnspannungen
NA3	Antriebsmoment
D3	Durchmesser
SA3	eingespeiste Warenbahnspannung
V	Transportrichtung
301, ..., 314	Verfahrensschritte

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen einer Bahnspannung (S2, S3, S4) wenigstens eines zweiten Bahnspannungsabschnitts (112, 113, 114) in einer wenigstens zwei Bahnspannungsabschnitte (111, 112, 113, 114) aufweisenden Warenbahn (101), wobei die Bahnspannung (S1) wenigstens eines ersten (111) Bahnspannungsabschnitts ermittelt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bahnspannung (S2, S3, S4) des wenigstens einen zweiten Bahnspannungsabschnitts (112, 113, 114) auf Grundlage der ermittelten Bahnspannung (S1) des wenigstens einen ersten Bahnspannungsabschnitts (111) bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bahnspannung (S1) des wenigstens einen ersten Bahnspannungsabschnitts (111) gemessen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bahnspannung (S1) des wenigstens einen ersten Bahnspannungsabschnitts (111) unter Berücksichtigung eines Elastizitätsmoduls (E1) des Warenbahnmaterials und einer Drehzahl (n0, n1) wenigstens zweier Transportachsen ermittelt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bahnspannung (S1) des wenigstens einen ersten

EP 1 795 470 A1

Bahnspannungsabschnitts (111) unter Berücksichtigung eines bekannten Bahnspannungswertes und eines Antriebsmoments wenigstens einer Transportachse (200) ermittelt wird.

- 5 5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bahnspannung (S2, S3, S4) des wenigstens einen zweiten Bahnspannungsabschnitts (112, 113, 114) anhand einer Drehzahl (n_1 , n_2 ; n_2 , n_3 ; n_3 , n_4) wenigstens zweier Transportachsen (201, 202; 202, 203; 203, 204) bestimmt wird.
- 10 6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Veränderung einer Dehnungseigenschaft, insbesondere eines Elastizitätsmoduls (E1, E2, E3, E4), der Warenbahn (101) berücksichtigt wird.
- 15 7. Verfahren nach Anspruch 6 **dadurch gekennzeichnet, dass** für das Elastizitätsmodul (E1, E2, E3, E4) ein von einem ersten Querschnitt (A1, A2, A3, A4) der Warenbahn (101) in einem Bahnspannungsabschnitt (111, 112, 113, 114) abweichender zweiter Querschnitt (A1, A2, A3, A4) der Warenbahn (101) in einem anderen Bahnspannungsabschnitt (111, 112, 113, 114) linear mit dem Verhältnis des ersten zum zweiten Querschnitt (A1, A2, A3, A4) berücksichtigt wird.
- 20 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Schlupf der Transportachsen (200, 201, 202, 203, 204) durch Schätzung oder durch Messung des Schlupfes berücksichtigt wird.
- 25 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bahnspannung (S2, S3, S4) des wenigstens einen zweiten Bahnspannungsabschnitts (112, 113, 114) anhand eines Antriebsmoments (NA3) wenigstens einer Transportachse (201, 202, 203, 204) bestimmt wird.
- 30 10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Antriebsmoment (NA3) anhand eines Durchmessers (D3) der wenigstens einen Transportachse (201, 202, 203, 204) mittels eines Hebelgesetzes in eine bahnspannungsverändernde Kraft (FA3) umgerechnet wird.
- 35 11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Reibmoment der wenigstens einen Transportachse (201, 202, 203, 204), insbesondere mit einem konstanten und einem drehzahlproportionalen Anteil, oder einen durch eine drehzahlabhängige Kennlinie vorgebbaren Anteil berücksichtigt wird.
- 40 12. Verfahren nach Anspruch 11 **dadurch gekennzeichnet, dass** das Reibmoment der wenigstens einen Transportachse (201, 202, 203, 204) anhand einer manuellen, teilautomatisierten oder vollautomatisierten Messfahrt ermittelt wird.
- 45 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Bearbeitungsmoment, insbesondere mit einem konstanten und einem drehzahlproportionalen Anteil, oder einen durch eine drehzahlabhängige Kennlinie vorgebbaren Anteil berücksichtigt wird.
- 50 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Messung des Antriebsmoments (NA3) mittels einer Filterung der gemessenen Momente, der ermittelten Reibungen und/oder der Bearbeitungskräfte durchgeführt wird.
- 55 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer Messung des Antriebsmoments (NA3) eine Kalibrierung von Antriebsdaten, insbesondere einer Drehmomentkonstante des Motors, berücksichtigt wird.
16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antriebsdaten anhand einer manuellen, teilautomatisierten oder vollautomatisierten Messfahrt ermittelt werden.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Feldschwächbetrieb eines Motors bei der Ermittlung des Antriebsmoments berücksichtigt wird.
18. Recheneinheit zum Bestimmen der Bahnspannung (S2, S3, S4) des wenigstens einen zweiten Bahnspannungsabschnitts (201, 202, 203, 204) auf Grundlage der im ersten Bahnspannungsabschnitt (111) ermittelten Bahnspannung (S1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17.
19. Computerprogramm mit Programmcode-Mitteln, um die Bahnspannung (S2, S3, S4) wenigstens des wenigstens

einen zweiten Bahnspannungsabschnitts (112, 113, 114) auf Grundlage der im ersten Bahnspannungsabschnitt (111) ermittelten Bahnspannung (S1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17 zu bestimmen, wenn das Computerprogramm auf einem Computer oder einer entsprechenden Recheneinheit, insbesondere gemäß Anspruch 18, ausgeführt wird.

5
20. Computerprogrammprodukt mit Programmcode-Mitteln, die auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert sind, um die Bahnspannung (S2, S3, S4) des wenigstens einen zweiten Bahnspannungsabschnitts (112, 113, 114) auf Grundlage der im ersten Bahnspannungsabschnitt (111) ermittelten Bahnspannung (S1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17 zu bestimmen, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Computer oder auf einer
10 entsprechenden Recheneinheit, insbesondere gemäß Anspruch 18, ausgeführt wird.

21. Verwendung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 17 in Verbindung mit einer Bahnspannungsregelung.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

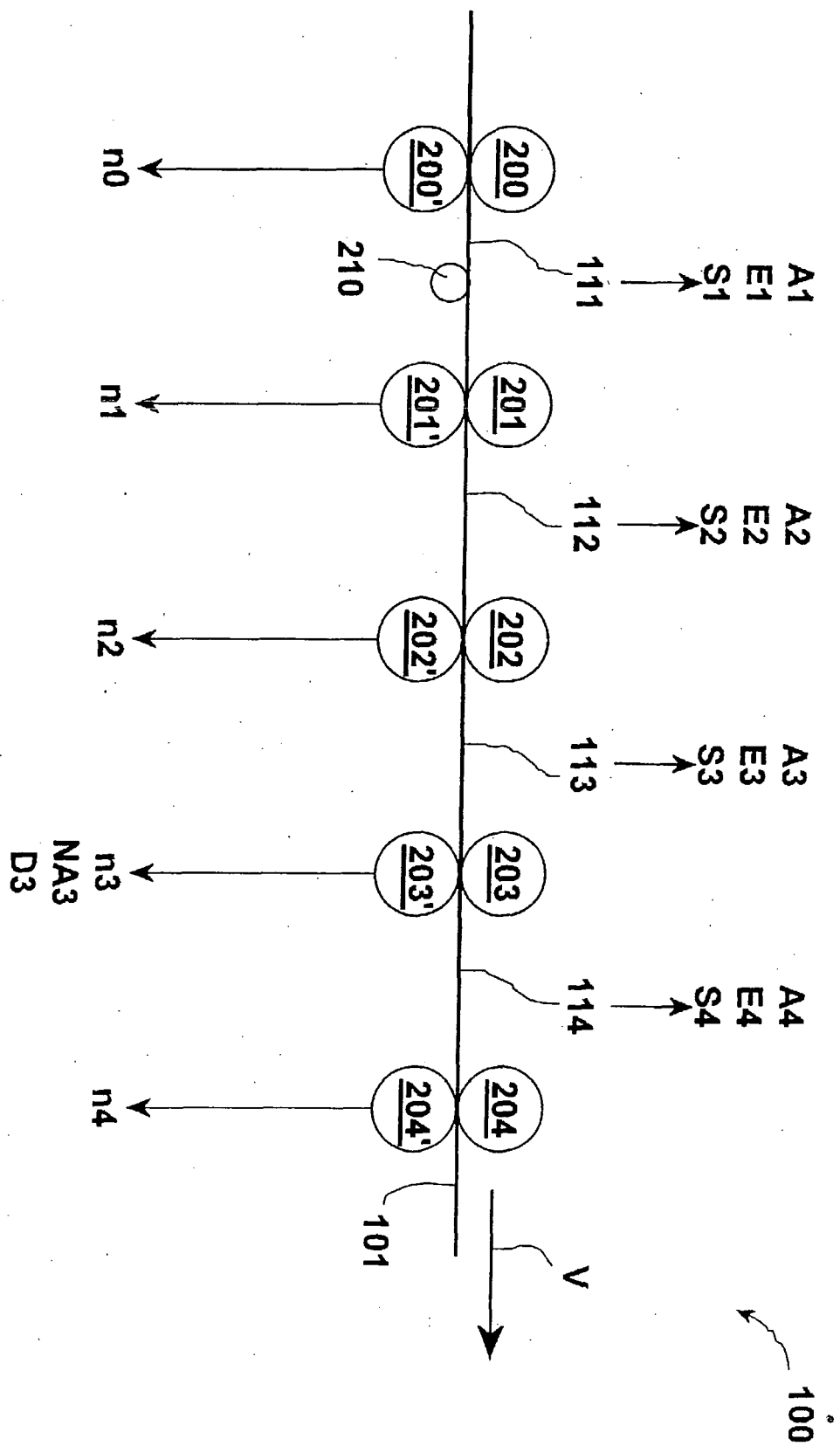


FIG. 1

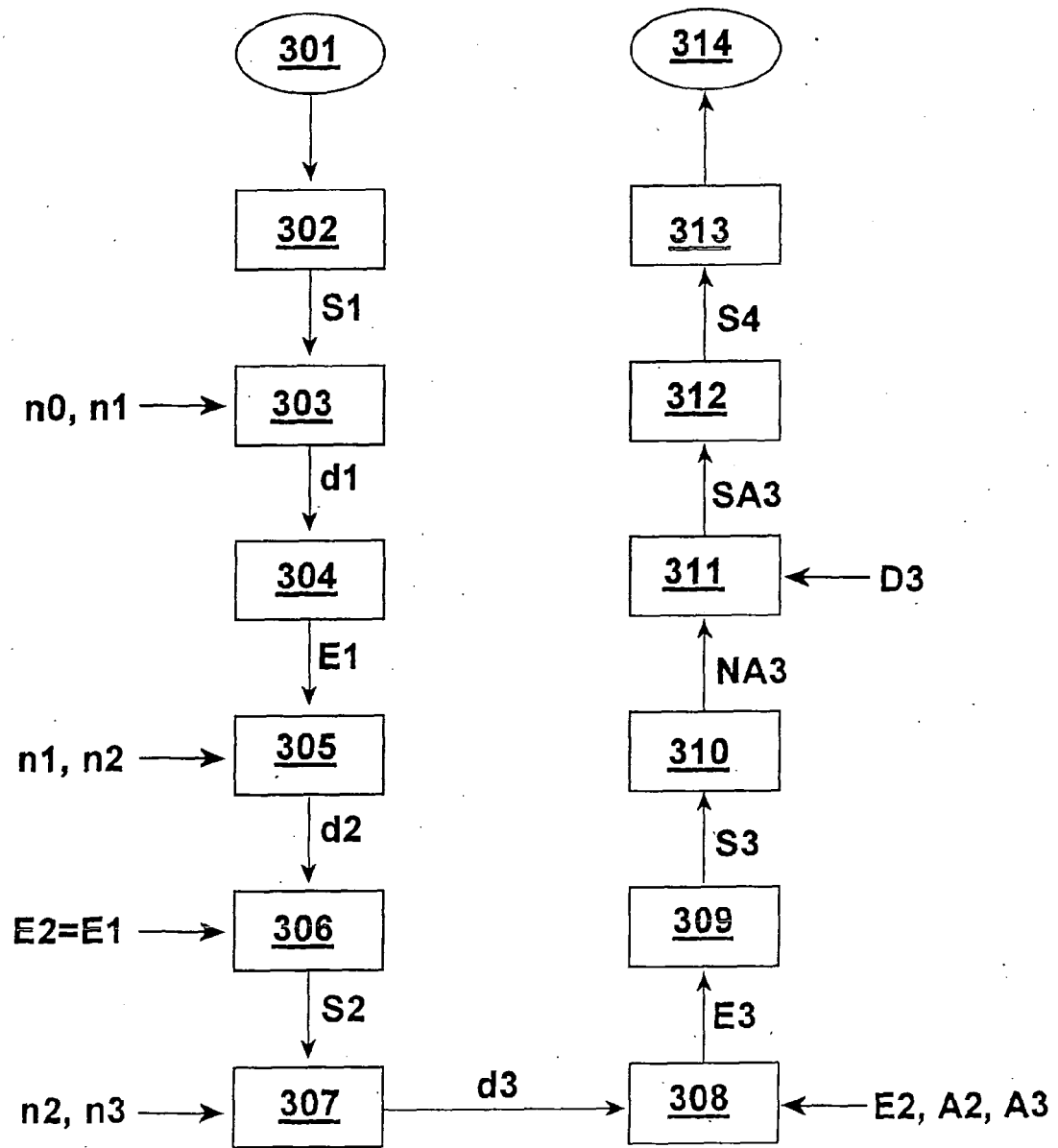


FIG. 2



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 06 02 0362

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2005/137738 A1 (CARLSON DANIEL H [US] ET AL) 23. Juni 2005 (2005-06-23) * Absatz [0069] - Absatz [0078]; Abbildung 4 *	1-3, 18-21	INV. B65H23/188 B41F13/02
A	EP 1 505 025 A (ROLAND MAN DRUCKMASCH [DE]) 9. Februar 2005 (2005-02-09) * Absatz [0007] *	1,18-21	
A	VALENZUELA M A ET AL: "SENSORLESS TENSION CONTROL IN PAPER MACHINES" IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, Bd. 39, Nr. 2, März 2003 (2003-03), Seiten 294-304, XP001158265 ISSN: 0093-9994	1-17	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B41F B65H B41J G05D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 30. März 2007	Prüfer Pollet, Didier
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1
EPO FORM 1503 (03.02) (P04C03)

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

EP 06 02 0362

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

30-03-2007

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2005137738	A1	23-06-2005	CN	1906104 A		31-01-2007
			EP	1701903 A2		20-09-2006
			KR	20060127893 A		13-12-2006
			MX	PA06007218 A		04-09-2006
			WO	2005068334 A2		28-07-2005

EP 1505025	A	09-02-2005	CN	1640662 A		20-07-2005
			DE	10335885 A1		17-03-2005
			US	2006249043 A1		09-11-2006
			US	2005039622 A1		24-02-2005

EPO FORM P0481

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0914944 A [0005]