



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 803 011 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
25.04.2001 Patentblatt 2001/17

(21) Anmeldenummer: **96937230.9**

(22) Anmeldetag: **25.10.1996**

(51) Int Cl.7: **D21G 9/00**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP96/04639

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 97/18349 (22.05.1997 Gazette 1997/22)

(54) **VERFAHREN UND EINRICHTUNG ZUR ERMITTLUNG DER AUSWIRKUNG DER VERSTELLUNG VON STELLGLIEDERN**

PROCESS AND DEVICE FOR DETERMINING THE EFFECT OF ADJUSTEMENT OF FINAL CONTROL ELEMENTS

PROCEDE ET DISPOSITIF POUR DETERMINER L'EFFET DU REGLAGE D'ACTIONNEURS

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE ES FI FR GB IE IT LI NL PT SE

(30) Priorität: **14.11.1995 DE 19542448**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
29.10.1997 Patentblatt 1997/44

(73) Patentinhaber: **Voith Paper Patent GmbH**
89522 Heidenheim (DE)

(72) Erfinder:
• **MÜNCH, Rudolf**
89551 Königsbronn/Zang (DE)
• **GRIECH, Wolfgang**
89522 Heidenheim (DE)
• **MAILÄNDER, Ulrich**
89522 Heidenheim (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 4 238 037 **US-A- 5 400 247**

EP 0 803 011 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zur Ermittlung der Auswirkung der Verstellung von Stellgliedern gemäß der Oberbegriffe der Ansprüche 1 und 20 (vgl. DE-A-4 238 037, US-A-5 400 247).

[0002] Bei der Herstellung von Materialbahnen, beispielsweise von Papier- oder Kartonbahnen, müssen das Querprofil der Materialbahneigenschaften und der Versatz der Materialbahn bestimmt werden, um zur Einstellung eines gewünschten Querprofils bestimmte Stellglieder verstellen zu können, die bei der Herstellung der Materialbahn eingesetzt werden, über die Bahnbreite verteilt angeordnet sind und die Materialbahneigenschaften beeinflussen.

[0003] Es ist bekannt, Materialbahnabschnitte der Herstellungsmaschine zu entnehmen und im Labor zu untersuchen, um das Querprofil bestimmter Bahneigenschaften zu ermitteln. Dieses Verfahren ist sehr aufwendig und zeigt den Nachteil, daß unerwünschte Eigenschaften erst sehr spät festgestellt werden können. Eine Vermeidung dieser Eigenschaften kann erst sehr viel später erfolgen, so daß häufig große Teile von Materialbahnen Qualitätsmängel aufweisen oder als Ausschuß wieder aufgearbeitet werden müssen.

[0004] Es ist außerdem bekannt, zur Ermittlung eines Querschrumpf-Querprofils einer Papierbahn mit geeigneten Vorrichtungen Markierungen auf die Bahn aufzubringen und diese mit Hilfe geeigneter Einrichtungen, beispielsweise Sensoren, zu erfassen (DE 40 08 282 A1). Die Papiermaschine muß also so ausgelegt sein, daß sowohl die Markierungseinrichtung als auch die geeigneten Erfassungseinrichtungen eingebracht werden können. Häufig ist der dazu erforderliche Bauraum nicht vorhanden oder aus Raumgründen nicht bereitstellbar. Außerdem erhöhen sich die Kosten für eine derartige Papiermaschine. Das Verfahren zur Querschrumpfermittlung ist überdies sehr aufwendig, da zusätzliche Markierungsmittel eingesetzt werden müssen. Zudem ist eine Markierung unerwünscht, da sie die Papierqualität mindert.

[0005] Es ist schließlich bekannt, zur Ermittlung der örtlichen Zuordnung von Stellgliedpositionen zu Meßpositionen auf der Papierbahn sogenannte "Bump-Tests" durchzuführen. Es handelt sich dabei um Testverstellungen einzelner weit genug auseinanderliegender Stellglieder mit dem Ziel, anhand von Querprofilmessungen die Orte und die geometrische Form der Auswirkungen dieser Stellglieder auf Papiereigenschaften festzustellen. Derartige Testverstellungen werden dann automatisch zum Beispiel periodisch oder auf Bedienerwunsch ausgeführt, um ein geändertes Prozeßverhalten zu erkennen. Die Testverstellungen müssen so groß gewählt werden, daß sich das Ergebnis der Verstellung im Papier deutlich wiederfindet und sich nach geeigneter Meßwertfilterung aus dem Prozeßrauschen und Meßrauschen abhebt. Die Tests stören also

den Produktionsprozeß. Während der Bump-Tests und ihrer Auswertung kann selbstverständlich nicht gleichzeitig mit Hilfe dieser Stellglieder auf den Prozeß eingewirkt werden, um zum Beispiel aktuelle Prozeßstörungen auszugleichen. Eine eventuelle Bahneigenschafts-Querprofilregelung muß während des Tests abgeschaltet werden. Die Genauigkeit mit der die Auswirkungsorte der verstellten Stellglieder bestimmt werden ist bestimmt durch die Anzahl von Querprofilmeßwerten die zur Verfügung stehen, beziehungsweise durch den Abstand einzelner Datenwerte. Dieser Abstand beträgt üblicherweise 1 cm bis 10 cm. In jedem Fall ist die erzielte Genauigkeit nicht ausreichend um aus den ermittelten Orten ein genaues Querschrumpf-Querprofil zu ermitteln, wie folgende Beispielrechnung zeigt:

[0006] Die Orte der Stellelemente sind über die Breite der Produktionsmaschine exakt bekannt. Zwei möglichst weit auseinanderliegende Stellglieder werden verstellt. Der Abstand x_s dieser Stellglieder ist bekannt. Der Abstand der Profiländerungen x_p kann gemessen werden.

[0007] Der prozentuale Querschrumpf beträgt dann:

$$\text{Schrumpf} = ((x_s - x_p)/x_s) \cdot 100\%.$$

[0008] Bei einer Papierbahnbreite von beispielsweise 5000 mm, einem typischen Schrumpf von 5% = 250 mm und einem Meßdatenabstand von 25 mm ist so eine Gesamt-Schrumpfbestimmung genau genug möglich.

[0009] Die Meßaufgabe lautet jedoch, zum Beispiel die Frage zu klären, an welcher Stelle der Papierbahn der Schrumpf minimal ist, ob er symmetrisch ist, wie sich die Ränder der Papierbahn im Vergleich zur Mitte verhalten etc. Der Schrumpf muß also für möglichst kleine Bereiche auf der Papierbahn möglichst genau gemessen werden, um ein aussagefähiges Querschrumpf-Querprofil zu erhalten.

[0010] Um beispielsweise in einem 500 mm breiten Bereich den Schrumpf auf 0,5% absolute Genauigkeit bestimmen zu können, ist eine Meßgenauigkeit im Papier von $500 \cdot 0,005 \text{ mm} = 2,5 \text{ mm}$ erforderlich. Bei einem Meßdatenabstand von 25 mm ist das mit einfachen Bump-Tests bei weitem nicht möglich.

[0011] Bei einem aus der DE-A-42 38 037 bekannten Verfahren zur Elimination von Restfehlern im Querprofil einer Materialbahn werden für möglichst viele Betriebszustände mittels statistischer Verfahren mathematische Modelle erstellt. Für einen während des Betriebs auftretenden jeweiligen Betriebszustand wird aus diesen mathematischen Modellen das am nächsten kommende ausgewählt. Anhand des ausgewählten Modells wird dann ein Korrekturvektor ermittelt und in den Produktionsprozeß eingebracht. Die die Auswahl eines geeigneten mathematischen Modells sowie die Ermittlung eines Korrekturvektors betreffenden Schritte werden bis zur gewünschten Anpassung wiederholt. Die während des Betriebs gemessenen Ergebnisse können zur Ver-

besserung der erstellten mathematischen Modelle herangezogen werden.

[0012] Bei einem aus der US-A-5 400 247 bekannten Verfahren zur Herstellung einer Papierbahn werden mehrere über die Bahnbreite verteilte Stellglieder über ein Steuersystem beaufschlagt, in dem die individuelle Prozeßauswirkung eines jeweiligen Stellglieds von den Prozeßauswirkungen der anderen Stellglieder getrennt oder entkoppelt ist, so daß eine Prozeßsteuerung über voneinander unabhängige Kanäle möglich ist. Dabei werden die Stellglieder auf der Basis eines theoretischen dynamischen Modells der Papiermaschine ohne Kopplungseffekt angesteuert. Über Sensoren gemessene Ausgangssignale werden mittels eines mathematischen Entkopplungsmodells in Form einer einstellbaren Entkopplungsmatrix ausgewertet. Die Ausgangswerte des theoretischen Modells der Papiermaschine ohne Kopplungseffekt werden mit den Ausgangswerten des einstellbaren Entkopplungsmodells verglichen. Die Entkopplungsmatrix wird dann im Sinne einer Angleichung dieser Werte kontinuierlich nachgestellt.

[0013] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Einrichtung zur Ermittlung der Auswirkung einer Verstellung von Stellgliedern zu schaffen, die die genannten Nachteile nicht aufweisen.

[0014] Diese Aufgabe wird mit Hilfe eines Verfahrens gelöst, das die in Anspruch 1 genannten Schritte umfaßt und das regelungstechnisch im weiteren Sinne als "Prozeßbeobachter" bezeichnet werden kann. Der Ort an dem sich die Verstellung eines Stellgliedes auswirkt, das bei der Herstellung der Materialbahn eingesetzt wird, kann auf einfache Weise jederzeit bestimmt werden, ohne daß es des Einsatzes besonderer Markierungseinrichtungen oder zusätzlicher Sensoren bedürfte, die diese Markierungen erfassen. Die Produktion wird nicht durch Testverstellungen und durch das Abschalten einer eventuell vorhandenen Querprofilregelung gestört. Durch das iterative Vorgehen und durch die gleichzeitige Berücksichtigung vieler Stellgliedverstellungen und zugehöriger Profilmessungen ist eine wesentlich genauere örtliche Zuordnung der Stellgliedpositionen zu Positionen auf der Materialbahn möglich, so daß eine aussagefähige Schrumpfkurve ermittelt werden kann.

[0015] Die rechnerische Bestimmung der Auswirkung erfolgt unter Heranziehung von Erkenntniswerten über das Verhalten der Materialbahneigenschaften. Die rechnerische Bestimmung der Auswirkung wird verglichen mit tatsächlich -vor und nach einer Stellgliedverstellung- gewonnenen Meßwerten eines Bahneigenschafts-Querprofils, um die Erkenntniswerte so abzustimmen, daß die Rechenergebnisse möglichst genau mit den gemessenen Ergebnissen über die Auswirkung übereinstimmen.

[0016] In dem eine Vorhersage über den Auswirkungsort der Stellgliedverstellung getroffen wird, ist das Verfahren relativ einfach durchführbar und optimierbar.

[0017] Alternativ oder zusätzlich kann eine Vorhersa-

ge über die Form der Auswirkung getroffen werden, beispielsweise über die Weite der Auswirkung am Auswirkungsort oder die Amplitude der Änderung der Materialbahneigenschaften am Auswirkungsort. Auch dieses Verfahren ist relativ einfach durchführbar und führt dazu, daß die Vorhersage über den Auswirkungsort sehr gut optimierbar ist.

[0018] Besonders bevorzugt wird ein Verfahren, bei dem solche Stellglieder berücksichtigt werden, die ohnehin zur Herstellung der Materialbahn verwendet und zur Einstellung des Querprofils der Materialbahneigenschaften benötigt werden. Ein derartiges Verfahren zeichnet sich dadurch aus, daß es keiner zusätzlicher Einrichtungen beziehungsweise Stellglieder bedarf, die den Bauraum der Einrichtung zur Herstellung der Materialbahn vergrößern, die Konstruktions- und Produktionskosten erhöhen und gegebenenfalls auch zusätzlichen Wartungsbedarf erfordern. Außerdem wird die laufende Herstellung der Materialbahn nicht durch eine Stellgliedverstellung gestört, die ausschließlich Meßzwecken dient. Die laufende Produktion bleibt also unbeeinträchtigt.

[0019] Besonders bevorzugt wird ein Verfahren, bei dem die Stellglieder nur so viel verstellt werden, wie während der Produktion zur Korrektur der Prozeß-Störungen durch eine selbsttätige Querprofilregelung erforderlich ist. Größere Verstellungen würden die Produktion stören und die Papierqualität mindern.

[0020] Bevorzugt wird ein Verfahren, bei dem die Vorhersagen schrittweise in der Art abgewandelt werden, daß zunächst eine möglichst allgemeine Aussage über das Verhalten der Materialbahneigenschaften getroffen wird, die sich insbesondere dadurch auszeichnet, daß sie auch bei einem schlechten "Rausch zu Nutz-Signal Verhältnis" noch mit guter Genauigkeit schnell getroffen werden kann.

[0021] Eine einfache Aussage könnte zum Beispiel sein: Die Ränder der Papierbahn sind um einen gewissen Betrag verschoben gegenüber der Position die sie in der Maschine an der Meßstelle haben sollten, wenn es keinen Schrumpf und kein seitliches Verlaufen gäbe. Die beiden Beträge der Verschiebung sind zu bestimmen.

[0022] Eine erste Verfeinerung dieser Aussage wäre beispielsweise: Der Querschrumpf ist an den Rändern stärker als in der Mitte und das sich ergebende Querschrumpf-Querprofil hat eine schüsselförmige Kontur, deren Amplitude zu bestimmen ist.

[0023] Es zeigt sich also, daß mit diesem Verfahren Hilfseinrichtungen zur Messung der Position der Randabschnittseinrichtungen und der Papierränder entfallen können.

[0024] Weiterhin wird ein Verfahren bevorzugt, bei dem die Vorhersage über die Materialbahneigenschaften eine möglichst genaue Bestimmung des Querschrumpfverhaltens umfaßt.

[0025] Besonders bevorzugt wird schließlich ein Verfahren, bei dem eine Mittelung der Ergebnisse bei der

Bestimmung des Querschrumpf-Querprofils für eine Anzahl von Vorhersagen und/oder für eine Anzahl von Stellglied-Verstellungen durchgeführt wird. Eine derartige Mittelung führt dazu, daß der Fehler bei der rechnerischen Bestimmung der Auswirkung auf ein Minimum reduziert wird.

[0026] Weitere Ausführungsformen des Verfahrens ergeben sich aus den übrigen Unteransprüchen.

[0027] Die oben genannte Aufgabe wird auch durch eine Einrichtung gelöst, die die in Anspruch 20 genannten Merkmale umfaßt. Dadurch, daß die Recheneinheit Vorhersagen beziehungsweise Erkenntniswerte über das Verhalten der Materialbahneigenschaften bei der Verstellung eines Stellglieds verarbeitet und anhand dieser Erkenntniswerte und mittels einer Zuordnungsregel die Auswirkung rechnerisch bestimmt, ist es jederzeit möglich, den Ort, der der Veränderung eines Stellglieds zuzuordnen ist, on-line vorherzusagen und ein exaktes Querprofil einer Materialbahneigenschaft zu ermitteln und/oder einen seitlichen Versatz der Bahn zu bestimmen.

[0028] Die Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 ein schematisches Blockschaltbild einer Einrichtung zur Ermittlung der Auswirkung von Stellgliedverstellungen;

Figur 2 Diagramme zur Erläuterung des Verfahrens zur Ermittlung eines Querprofils;

Figur 3 einen schematischen Aufbau einer Papierherstellungsmaschine und

Figur 4 einen Zweischichten-Stoffauflauf zur Erzeugung einer Faserstoff-Bahn mit einem schematisch dargestellten Leitungssystem.

[0029] Bei einer Materialbahn können verschiedene Materialbahneigenschaften erfaßt werden, beispielsweise das Flächengewicht, die Feuchte, der Querschrumpf, die Faserlage, die Rauigkeit, die Festigkeit, die Elastizität, die Opazität, die Glätte, der Füllstoffgehalt, die Dicke, die Formation. Als Querprofil werden die über die Breite der Bahn erfaßten Meßwerte bezeichnet.

[0030] Unterstellt wird, daß zur Herstellung einer Materialbahn über einen Stoffauflauf eine Wasser-Faserstoff-Suspension, die gegebenenfalls auch Füllstoffe umfaßt, in eine Siebpartie (Former) eingebracht wird und daß die dort gebildete Faserstoff-Bahn -beispielsweise Papier-Bahn- über eine Pressenpartie Trockenpartie zugeführt wird. Der Stoffauflauf kann so ausgebildet sein, daß Stellglieder zur Beeinflussung der Materialeigenschaften vorgesehen sind. Beispielsweise kann der Wasser-Faserstoff-Suspension ein sogenannter Neben-Stoffstrom zugeleitet werden, der beispielsweise aus Verdünnungswasser oder aus einer zweiten

Papierstoffsorte, jedoch mit anderer, vorzugsweise geringerer Stoffdichte besteht. Die Querverteilung im Stoffauflauf wird durch mehrere sektionale Zuführleitungen eingestellt, die jeweils ein als Stellglied bezeichnetes Steuerventil aufweisen. An der Zusammenführung der Wasser-Faserstoff-Suspension mit dem Neben-Stoffstrom können wiederum als Stellglieder bezeichnete Mischventile vorgesehen sein. Stellglieder der hier angesprochenen Art können auch an anderen Stellen der Papiermaschine, beispielsweise in einem Dampfblaskasten in der Pressen- oder Trockenpartie oder aber in einer Nachbehandlungseinrichtung, zum Beispiel in einer Streichmaschine, vorgesehen sein.

[0031] In Figur 1 ist eine Einrichtung 1 zur Ermittlung der Auswirkung von Stellgliedverstellungen dargestellt, die hier zusätzlich zur Ermittlung eines Querschrumpf-Querprofils und zur Erfassung des seitlichen Bahnverlaufes dient. Die Materialbahn 3 wird von links nach rechts durch die Darstellung in Figur 1 geleitet, was durch einen Pfeil angedeutet ist. Links in Figur 1 ist gestrichelt ein Stoffauflauf 5 eingezeichnet, der zahlreiche quer über die Materialbahn 3 verteilte Stellglieder 7 aufweist, von denen hier lediglich eines dargestellt ist. Die anderen liegen außerhalb der Darstellungsebene von Figur 1. Die Stellglieder 7 sind über eine Steuerleitung 9 mit einer Recheneinheit 11 verbunden. In einem Abstand zum Stoffauflauf 5 ist an einer beliebigen Stelle der Vorrichtung zur Herstellung der Materialbahn 3 eine Meßeinrichtung 13 zur Ermittlung von Bahneigenschafts-Querprofilen. Diese kann beispielsweise am Ende einer Papierherstellungsmaschine jenseits der Trockenpartie angeordnet sein. Es ist jedoch auch möglich, mehrere derartige Meßeinrichtungen innerhalb der Papierherstellungsmaschine vorzusehen.

[0032] Die Meßeinrichtung 13 ist über eine Meßleitung 15 mit der Recheneinheit 11 verbunden. Über eine Eingabeleitung 17 können zusätzliche -unten noch eingehender abgehandelte- Informationen über das Querprofil der Materialbahn 3 in die Recheneinheit 11 eingegeben werden. Auf einer Ausgabeleitung 19 werden die Rechenergebnisse der Recheneinheit 11 ausgegeben.

[0033] In Figur 1 ist ein schematisches Balkendiagramm 21 eingezeichnet, an Hand dessen angedeutet werden soll, daß die verschiedenen quer über die der Materialbahn 3 verteilten Stellglieder 7 unterschiedliche Einstellungen aufweisen.

[0034] Neben der Meßeinrichtung 13 ist schematisch ein Diagramm 23 wiedergegeben, das ein von der Meßeinrichtung erfaßtes Meßsignal wiedergibt. Entsprechend der verschiedenen Einstellungen der Stellglieder 7 und weiterer Prozeßparameter ergeben sich unterschiedliche Meßsignale über die Bahnbreite. Durch die gezackte Linie wird angedeutet, daß das Meßsignal stark von Meßrauschen und Prozeßstörungen überlagert ist.

[0035] Anhand von Figur 2 soll der Zusammenhang zwischen der Einstellung verschiedener Stellglieder 7 und dem Meßsignal im Diagramm 23 näher erläutert

werden.

[0036] Dazu sind in Figur 2 mehrere Diagramme übereinander dargestellt. In dem obersten Diagramm 1 ist der Abstand x eines Stellglieds 7 zu einer beispielsweise außerhalb der Papierbahn liegenden, entlang der Papierherstellungsmaschine verlaufenden, gedachten Bezugslinie 25 angedeutet, die hier gestrichelt eingezeichnet ist. In dem darunterliegenden, zweiten Diagramm von oben ist eine Anzahl von durch Kreuze angedeuteten Stellgliedern dargestellt. Ein Stellglied 7/1 befindet sich beispielsweise in einem Abstand x_1 zu dieser Bezugslinie 25 und hat hier eine "positive" Einstellung mit einer entsprechenden "Breitenwirkung". Ein weiteres Stellglied 7/2 hat einen Abstand x_2 zu der Bezugslinie 25. Es wird hier rein beispielhaft von einer "negativen" Einstellung mit einer entsprechenden "Breitenwirkung" dieses Stellglieds ausgegangen. Mit "Breitenwirkung" wird hier die Weite der Auswirkung der Stellgliedverstellung am Auswirkungsort bezeichnet.

[0037] Unterhalb des zweiten Diagramms, in dem die einzelnen Stellglieder durch Kreuze gekennzeichnet sind, ist die erwartete Reaktion im Querprofil der Materialbahn 3 beziehungsweise die vorausgesagte Auswirkung in dem als Kurve a gekennzeichneten dritten Diagramm wiedergegeben. Aufgrund der "positiven" Einstellungen des Stellglieds 7/1 könnte sich im Querprofil, je nachdem, welche Bahneigenschaft das Stellglied beeinflusst, eine örtlich erhöhte Feuchtigkeit oder eine örtlich größere Materialstärke einstellen, die zu einem örtlich erhöhten auch als basis weight bezeichneten Flächengewicht führt. Entsprechend würde sich aufgrund der "negativen" Einstellung des Stellglieds 7/2 eine reduzierte Feuchtigkeit beziehungsweise verminderte Materialstärke an einem Ort einstellen, der diesem zweiten Stellglied zugeordnet ist. In der Kurve a wird im Rahmen einer ersten auf Erkenntniswerten beruhenden Vorhersage beziehungsweise ersten Hypothese davon ausgegangen, daß die der Einstellung der Stellglieder 7/1 und 7/2 entsprechenden Orte x'_1 und x'_2 beziehungsweise Positionen der Antworten beziehungsweise Auswirkungen in der Materialbahn beziehungsweise Papierbahn exakt den Stellgliedpositionen x_1 und x_2 entsprechen. Die erwarteten Antwort-Positionen beziehungsweise Auswirkungsorte liegen also im Abstand x'_1 beziehungsweise x'_2 von der Bezugslinie 25. Dies ist hier durch Pfeile angedeutet.

[0038] Durch eine Änderung der Stellglieder 7/1 und 7/2, die sich gemäß dem ersten Diagramm an den Positionen x_1 und x_2 befinden, ergibt sich eine Änderung des von der in Figur 1 dargestellten Meßeinrichtung 13 erfaßten Querprofils, das in der Kurve b wiedergegeben ist, und das in Figur 1 im Diagramm 23 dargestellt wurde. Auch in Figur 2 ist angedeutet, daß das dem Querprofil entsprechende Meßsignal durch Meßrauschen und Prozeßstörungen überlagert ist. Eine örtliche Erhöhung des Querprofils, die auf eine Verstellung des Stellglieds 7/1 zurückzuführen ist, ist erkennbar, ebenso eine örtliche Erniedrigung des Querprofils, die auf einer

Änderung des Stellglieds 7/2 beruht. Es wird jedoch deutlich, daß zum Beispiel infolge einer beim Trocknen der Bahn erfolgten Querschrumpfung oder eines seitlichen Verlaufs der Bahn die Reaktion im Querprofil gegenüber der Bezugslinie 25 -einmal nach rechts und einmal nach links- verschoben ist. Die Verlagerung der Reaktion ist hier durch Δx_1 und Δx_2 angedeutet.

[0039] Es zeigt sich, daß die in der Kurve a wiedergegebene Vorhersage, daß die Reaktion im Querprofil, also der Auswirkungsort exakt den Stellgliedpositionen entspricht, nicht genau zutrifft. Es werden daher mehrere auf abgewandelten Erkenntniswerten beruhende weitere Vorhersage bezüglich der erwarteten Auswirkung im Querprofil getroffen. Die beste Vorhersage ist in der Kurve c wiedergegeben. Es zeigt sich, daß die Antwort des Stellglieds 7/1 näherungsweise an der Stelle x''_1 erfolgt und daß die Antwort auf eine Verstellung des Stellglieds 7/2 näherungsweise an dem Ort x''_2 erfolgt. Die zugrundeliegenden Erkenntniswerte wurden so optimiert, daß die Übereinstimmung zwischen dem Meßsignal in der Kurve b und dem aufgrund der Vorhersage berechneten Ort gemäß der Kurve c optimal ist. Zusätzliche Erkenntniswerte beziehungsweise Erkenntniswerte die zur ersten Vorhersage a führten, können dem Rechner 11, beispielsweise über die in Figur 1 eingezeichnete Leitung 15, eingegeben werden. Der Rechner kann die Erkenntniswerte jedoch auch vollständig automatisch generieren und daraus Voraussagen bezüglich der Auswirkungen berechnen. Für die anfänglichen Erkenntniswerte sowie für die Regeln zur Abstimmung der Erkenntniswerte sind a priori Kenntnisse verwendbar beziehungsweise in den Rechner einbaubar.

[0040] Es ist möglich, daß die Erkenntniswerte über die Orte der Auswirkung von Stellgliedverstellung zunächst nur auf folgenden einfachen Aussagen basieren:

- Es gibt ein seitliches Verlaufen der Bahn, dessen Amplitude zu bestimmen ist.
- Es gibt einen Querschrumpf der Bahn während des Fertigungsprozesses, der zunächst an allen Orten der Bahn als gleich groß (prozentual) angenommen wird, und dessen Größe zu bestimmen ist.

[0041] Die Erkenntniswerte können in einem fortgeschrittenem Verfahrensschritt schrittweise verfeinert werden beispielsweise durch Aussagen:

- Der Querschrumpf ist an den Rändern stärker als in der Mitte und das sich ergebende Querschrumpf-Querprofil hat eine schüsselförmige Kontur, deren Amplitude zu bestimmen ist.
- Der Querschrumpf tritt auf der einen Maschinenhälfte stärker auf als auf der anderen. Die Größe des Unsymmetriefaktors ist zu bestimmen.

[0042] Aus Figur 2 wird also das Grundprinzip des hier angesprochenen Verfahrens zur Ermittlung eines Querschrumpf-Querprofils deutlich. Zunächst wird also bei einer Verstellung eines Stellglieds, hier des Stellglieds 7/1 beziehungsweise 7/2, an Hand einer ersten Vorhersage die erwartete Reaktion im Querprofil berechnet (siehe Kurve a). In der Kurve a wird beispielsweise die Vorhersage getroffen, daß die Position der Antworten im Querprofil exakt an den Orten erfolgt, die auch den Stellgliedpositionen entspricht. Es zeigt sich, daß hier eine Abweichung zwischen dem berechneten Wert der Kurve a und dem tatsächlichen Meßwert der Kurve b gegeben ist, die durch das Querschrumpfen oder seitliche Verlaufen der Bahn hervorgerufen wird.

[0043] Es werden daher die Erkenntniswerte beziehungsweise die Vorhersage abgewandelt und die erwartete Reaktion neu berechnet. Die unter Heranziehung der besten Vorhersage getroffene Berechnung ist in der Kurve c wiedergegeben. Die hier vorliegende Vorhersage geht davon aus, daß die Antwort der Verstellung des Stellglieds 7/1 an der Stelle x''_1 erfolgt und daß die Antwort von dem Stellglied 7/2 an dem Ort x''_2 erfolgt. Dabei wird von folgender Beziehung ausgegangen: $x'' = x' + \Delta x$. Es zeigt sich, daß bei der hier gewählten Vorhersage c die Abweichung zwischen dem in Kurve b gezeigten Meßsignal und dem berechneten Signal der Kurve c sehr gering ist.

[0044] Ein Weg, um zu der dieser Vorhersage entsprechenden Kurve c zu gelangen, wäre es, viele Hypothesen über die Orte x''_1 und x''_2 , die sich nur geringfügig unterscheiden, zu prüfen und die Hypothese mit der besten Übereinstimmung zu dem in Kurve b dargestellten Meßsignal auszuwählen.

[0045] Eine Verfeinerung der Vorgehensweise besteht darin, a priori Kenntnisse zum Beispiel über das Schrumpfverhalten und das Bahnverlaufen in die Berechnung der Hypothesen einfließen zu lassen. Dadurch kann die Anzahl der zu untersuchenden Hypothesen deutlich reduziert werden.

[0046] Aus dem zu Figur 2 Gesagtem ergibt sich folgendes: Wenn man an der Stelle x''_1 eine Abweichung beispielsweise des örtlichen Flächengewichts von einem geforderten Maß feststellt, so muß man die aus der Abweichung resultierende Stellgröße demjenigen Stellglied 7 zuführen, das sich im Abstand $x_1 = x''_1 - \Delta x_1$ von der Bezugslinie 25 befindet. Es ist also auf einfache Weise möglich, eine lokale Materialbahneigenschaft einem Stellglied zuzuordnen und damit ein Querschrumpf oder auch ein seitliches Verlaufen der Bahn zu berücksichtigen.

[0047] Es ist offensichtlich, daß sich das beschriebene Verfahren auch zu einer on-line Bestimmung eines seitlichen Verlaufs der Papierbahn eignet.

[0048] Als besonders geeignetes Berechnungsverfahren zur rechnerischen Bestimmung des Grades der Übereinstimmung der Kurven b und c hat sich das Verfahren der Korrelationsrechnung erwiesen. Ein anderes Maß wäre die mittlere quadratische Abweichung der

beiden Kurven.

[0049] Vorzugsweise werden bei dem hier beschriebenen Verfahren lediglich solche Stellglieder berücksichtigt, die zur üblichen laufenden Einstellung des Querprofils benötigt werden. Somit kann es sich hier beispielsweise um Stellglieder handeln, die den Stoffauflauf beeinflussen. Es kann also als Stellglied ein Steuerventil oder ein Mischventil in den Zufuhrleitungen des Stoffaufbaus verwendet werden. Denkbar ist aber auch, daß als Stellglieder Einrichtungen verwendet werden, die beispielsweise die Heizleistung der Trockenpartie zonenweise über die Bahnbreite unterschiedlich beeinflussen können. Das hier beschriebene Verfahren beziehungsweise die Einrichtung zur Ermittlung der Auswirkung einer Stellgliedverstellung sind in allen Fällen auf gleiche Weise einsetzbar. Nach dem hier Gesagten können also auch Stellglieder verwendet werden, die das Flächengewicht, die Feuchte, die Dichte oder eine andere Eigenschaft der Material- beziehungsweise Papierbahn beeinflussen.

[0050] Bei der Wahl der Vorhersagen beziehungsweise Hypothesen zur Bestimmung der verschiedenen Kurven in Figur 2 wird vorzugsweise schrittweise vorgegangen. Zunächst wird eine Vorhersage getroffen, bei der einerseits nur wenige Größen zu bestimmen sind und andererseits sehr viele Stellwerte und Profilmesswerte zur Verfügung stehen. Dies gilt beispielsweise für eine Vorhersage über den Gesamt-Querschrumpf der Papierbahn und den -quer zur Papierbahn gemessenen- Ort im Querprofil, an dem sich die Veränderung eines Stellglieds zeigt. Bei der Berücksichtigung einer derartigen Vorhersage kann eine zuverlässige Bestimmung der Orte sehr schnell geschehen, auch wenn die Stellgrößen sehr klein im Vergleich zum Prozeßrauschen sind.

[0051] Bei einer weiteren Vorhersage kann eine etwas genauere Bestimmung des Schrumpfverhaltens getroffen werden. Beispiel: Angenommen es stehen bei einer Produktionsmaschine 50 Querprofilstellglieder 150 gemessenen Querprofilwerten gegenüber. Bei jedem Eingriff einer Querprofilregelung werden normalerweise alle Stellglieder um einen kleinen Betrag verstellt, um die Prozeßstörungen auszugleichen. Nach der Verstellung und nach dem Vergleich der Querprofile vor und nach der Verstellung stehen also $150 + 50$ Informationen zur Verfügung, die ausgewertet werden können. Soll zum Beispiel nur eine Aussage über den Gesamtschrumpf und über den Betrag des seitlichen Verlaufs der Bahn eine Aussage gemacht werden, sind nur zwei Informationen beziehungsweise zwei Zahlenwerte aus den zur Verfügung stehenden 200 Informationen zu ermitteln. Das ist auch bei einem sehr großen Prozeß- und Meßrauschen noch gut möglich. Je mehr Aussagen getroffen werden müssen, zum Beispiel zusätzlich über die Weite der Prozeßantwort auf eine Stellgliedverstellung, desto ungünstiger wird das "Rausch zu Nutz-Signal Verhältnis", so daß auch die Informationen beziehungsweise Zahlenwerte die ermittelt

werden mit einem Fehler behaftet sind.

[0052] Vorzugsweise wird, um ein möglichst genaues Querschrumpf-Querprofil berechnen zu können, nach jeder Verstellung eines Stellglieds 7 das Querschrumpf-Querprofil mit Hilfe der Recheneinheit 11 ermittelt, indem ein Vergleich der vorhergesagten Auswirkung mit der tatsächlich gemessenen Auswirkung erfolgt und anhand der Abweichungen die Erkenntniswerte abgewandelt werden, bis sich eine bessere oder möglichst gute Übereinstimmung zwischen vorhergesagter und berechneter Auswirkung ergibt.

[0053] Um die Genauigkeit des Verfahrens zusätzlich zu erhöhen sind spezielle Verfahren zur Aufbereitung der Querfilmmessungen vor und nach der Verstellung denkbar. Gängige Verfahren wären zum Beispiel der Einsatz von Filteralgorithmen um den Rauschanteil zu reduzieren. Wenn eine Aussage über den zeitlichen Verlauf des Rauschens oder statistischer Kenngrößen getroffen werden kann, zum Beispiel unter Verwendung gemessener Größen, die das Rauschen verursachen, oder die nebenbei entstehen, ist es möglich, das gemessene Querprofil nachträglich teilweise vom bekannten Teil des Rauschens wieder zu befreien, oder die Filter optimal darauf abzustimmen.

[0054] Aussichtsreich sind auch örtliche Transformationen und Gewichtungen der gemessenen Profile mit dem Ziel, diejenigen Anteile im gemessenen Profil zu dämpfen, die für die Ermittlung der Auswirkung der Stellglieder wenig gewinnbringend sind.

[0055] Um die auf Meßrauschen und Prozeßstörungen beruhenden Fehler auf ein Minimum reduzieren zu können, werden die berechneten Ergebnisse x''_n , wie sie beispielsweise in den Kurven a und c in Figur 2 dargestellt sind, unter Berücksichtigung vieler Stellgliedverstellungen ermittelt. Dadurch, daß eine Anzahl von Vorhersagen und auch eine Vielzahl von Stellgliedverstellungen berücksichtigt werden, ist es möglich, die Meßfehler weitestgehend zu eliminieren, auch wenn die Amplitude der Stellgliedverstellungen sehr klein ist.

[0056] Im Sinne der vorgeschlagenen Abstufung ist es sinnvoll nur jeweils so viele zeitlich aufeinanderfolgende Stellvorgänge zu benützen, wie nötig sind um für die gewünschte Aussage eine ausreichende Genauigkeit zu erzielen.

[0057] Beispielsweise sind für die Ermittlung des Gesamtschrumpfes nur wenige oder gar keine Mittelungen erforderlich. Der Gesamtschrumpf wird also innerhalb weniger Verstellungen aller Stellglieder sehr genau ermittelt. Eine feinere Auflösung des Querschrumpf-Querprofils benötigt entsprechend mehr Informationen aus mehr Verstellungen. Die Ermittlung dauert also entsprechend länger.

[0058] Anstelle von Mittelungen, wie sie hier vorgeschlagen wurden, können natürlich auch komplexere Filter- oder Schätzalgorithmen eingesetzt werden.

[0059] Die in Figur 1 dargestellte Einrichtung weist nur eine Meßeinrichtung 13 auf. Es ist jedoch auch möglich, innerhalb einer Herstellungsvorrichtung bezie-

hungsweise Papiermaschine mehrere Meßstellen -in Förderrichtung der Materialbahn gesehen- hintereinanderliegend anzuordnen. Es kann dann das Querschrumpf-Querprofil an mehreren Stellen innerhalb der Maschine berechnet werden, so daß sich Rückschlüsse darauf ableiten lassen, wie sich der Querschrumpf zwischen verschiedenen Meßstellen verändert hat.

[0060] Eine weitere Anwendung der Erfindung besteht darin, den Einfluß einer speziellen Behandlung der Materialbahn in einer geeigneten Nachbehandlungseinrichtung, beispielsweise die Leimung oder Nachbefeuchtung einer Papierbahn, auf den Querschrumpf online zu beobachten. Aus der Schrumpfänderung sind dann weitere Prozeßgrößen, beispielsweise die Leimaufnahme des Papiers, ableitbar. Diese Prozeßgrößen können dann für die Bestimmung weiterer Stelleingriffe herangezogen werden.

[0061] Aus der Beschreibung der Figuren 1 und 2 ist ohne weiteres ersichtlich, daß sich durch das Verfahren zur Ermittlung eines Querschrumpf-Querprofils einer Materialbahneigenschaft bei der Herstellung einer Faserstoffbahn aus einer Wasser-Faserstoff-Suspension große Vorteile ergeben: Es ist ohne weiteres möglich, an verschiedenen Punkten einer Papierherstellungsmaschine über die Breite einer Materialbahn verschiedene Eigenschaften zu erfassen und gezielt bestimmte Stellglieder der Papierherstellungsmaschine anzusprechen, um die Materialbahneigenschaften gezielt zu beeinflussen. Auf diese Weise können Querprofile für das Flächengewicht, die Feuchte, des Querschrumpfs und/oder der Dicke der Bahn genau eingestellt und beeinflusst werden, beispielsweise kann sogar das Querschrumpf-Querprofil durch örtliches Befeuchten der Bahn gezielt verändert werden.

[0062] Andere Einflußgrößen auf den Schrumpf, die gezielt verstellt werden könnten sind beispielsweise Produktions-Prozeßparameter im Bereich des Naßteils, der Presse, der Trockenpartie. Exemplarisch seien hier genannt: örtliche Temperaturverteilung der Papierbahn während des Trocknungsprozesses, das Feuchtequerprofil innerhalb des Trocknungsprozesses oder direkt nach der Presse, die Faserorientierung, örtlich unterschiedlich starke Behinderung des Schrumpfvorganges durch geeignete unterschiedlich starke Fixierung der Bahn in Bahn-Querrichtung. Weitere Einflußgrößen sind denkbar. Welche Einflußgrößen praktisch nutzbar sind, wird sich nach einem längeren Einsatz der vorgestellten Methode zur on-line Messung des Querschrumpf-Querprofils automatisch herausstellen.

[0063] In modernen Papierherstellungsmaschinen sind die Stellglieder, insbesondere die Steuerventile zum Einstellen des spezifischen Flächengewichts in großer Anzahl in sehr geringem Abstand zueinander vorgesehen. Es ist daher überaus wichtig, genau vorhersagen zu können, welches Stellglied zur Beeinflussung einer lokalen Materialbahneigenschaft angesprochen werden muß. Gerade dies ist mit dem hier beschriebenen Verfahren und der im einzelnen dargestell-

ten Einrichtung ohne weiteres möglich.

[0064] Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung werden im folgenden anhand der Figuren 3 und 4 näher erläutert.

[0065] Figur 3 zeigt eine Papierherstellungsmaschine 31 mit einem Stoffauflauf 33, der mit dem Stoffauflauf 5 gemäß Figur 1 vergleichbar ist. Darüber hinaus weist die Papierherstellungsmaschine 31 eine auch als Former bezeichnete Siebpartie 35, eine Pressenpartie 37 sowie eine Trockenpartie 39 auf. Diese ist mit mindestens einem zonenweise regulierbaren Dampfblaskasten 41 versehen, mit dessen Hilfe das Querprofil der Materialbahn 43, beispielsweise das Trockengehalts-Querprofil beeinflussbar ist.

[0066] Die Papierherstellungsmaschine 31 weist außerdem eine Recheneinheit 45 auf, die mit der in Figur 1 dargestellten Recheneinheit 11 vergleichbar ist. Der Stoffauflauf 33 ist mit der Recheneinheit 45 über Signalleitungen 47 und 49 verbunden, über die einerseits beispielsweise die Ist-Stellung verschiedener Stellglieder des Stoffauflaufs 33 erfaßt werden können und die andererseits dazu dienen, Steuersignale an die Stellglieder weiterzuleiten.

[0067] Die Papierherstellungsmaschine 31 ist außerdem noch mit einer Meßeinrichtung 51 versehen, die der in Figur 1 dargestellten Meßeinrichtung 13 entspricht und die über eine Signalleitung 53 Meßsignale an die Recheneinheit 45 abgibt. Diese kann mit einem Monitor 55 versehen sein, auf dem sowohl Meß- als auch Steuersignale darstellbar sind.

[0068] Aus Figur 3 wird deutlich, daß mit Hilfe der Meßeinrichtung 51 Querprofile der Materialbahn 43 erfaßt werden können. Ein besonders wichtiges Anwendungsfeld der Erfindung ist die sogenannte Flächengewichts-Querprofilregelung, mit deren Hilfe eine möglichst gleichmäßige flächenbezogene Masseverteilung der Materialbahn eingestellt werden soll. Wenn also mit Hilfe der Meßeinrichtung 51 Abweichungen im gewünschten Flächengewicht der Materialbahn, also Abweichungen im Flächengewichts-Querprofil, festgestellt werden, können über die Recheneinheit 45 bestimmte Stellglieder des Stoffauflaufs 33 so angesteuert werden, daß sich die gewünschte Dicke der Materialbahn beziehungsweise das gewünschte Flächengewicht einstellt. Es ist also eine örtliche Beeinflussung der Fasermenge möglich, die über den Stoffauflauf 33 abgegeben wird.

[0069] Ebenso ist es mit Hilfe der Recheneinheit 45 möglich, den Dampfblaskasten 41 so anzusteuern, daß einzelne Zonen der Materialbahn 43 mehr oder weniger erwärmt werden. Auf diese Weise läßt sich ein bestimmtes Feuchtigkeits-Querprofil der Materialbahn 43 einstellen und damit letztlich auch das Querschrumpf-Querprofil gezielt beeinflussen.

[0070] Es wird nach allem deutlich, daß mit Hilfe der hier beschriebenen Erfindung ein Querprofil einer Materialbahn gezielt beeinflussbar ist, weil die örtlichen Materialbahneigenschaften durch eine gezielte Verstellung verschiedener Stellglieder, sei es von Stellgliedern im

Stoffauflauf oder in einem Dampfblaskasten, beeinflussbar sind.

[0071] Anhand von Figur 4 soll noch einmal auf die besonders wichtige Anwendung der Erfindung eingegangen werden, nämlich auf die Flächengewichts-Querprofilregelung beziehungsweise auf die Einstellung eines vorbestimmten Flächengewichts-Querprofils einer Materialbahn an einem Stoffauflauf.

[0072] Figur 4 zeigt rein beispielhaft einen Zweischichten-Stoffauflauf 33, zusammen mit einem schematisch dargestellten Leitungssystem zum Zuführen von verschiedenen Faserstoff-Suspensionen.

[0073] Der Stoffauflauf 33 umfaßt eine Düse 57, die in bekannter Weise durch zwei sich über die Breite der Papierherstellungsmaschine 31 erstreckende Stromführungswände 57a und 57b begrenzt wird. Die Stromführungswände 57a, 57b sind über je einen bekannten Turbulenzgenerator 59 mit einer mittleren stationären Trennwand 61 verbunden. Am auslaufseitigen Ende der Trennwand 61 ist wiederum mittels eines Gelenks 63 eine Lamelle 65 schwenkbar befestigt. Abweichend hiervon kann die Lamelle auch starr an der Trennwand 61 befestigt sein.

[0074] Ein erster Hauptstoffstrom, der aus einer ersten Papierstoffsorte besteht, gelangt über eine Quer-Verteilleitung 67 und über eine davon abgezweigte Reihe von sektionalen Zuführleitungen 69 zu einem der beiden Turbulenzgeneratoren 59.

[0075] Abweichend von der in Figur 4 gewählten Darstellung kann in jeder der sektionalen Zuführleitungen 69 ein als Volumenstromregler ausgebildetes Stellglied vorgesehen werden.

[0076] Ein zweiter Hauptstoffstrom, bestehend aus einer anderen Papierstoffsorte, gelangt über eine Quer-Verteilleitung 71 und über eine davon abgezweigte Reihe von sektionalen Zuführleitungen 73 zu dem anderen Turbulenzgenerator. Damit, falls erforderlich, daß Flächengewichts-Querprofil der herzustellenden Papierbeziehungsweise Materialbahn korrigiert werden kann, ist eine dritte Quer-Verteilleitung 75 vorgesehen, über die ein sogenannter Neben-Stoffstrom zugeführt wird. Dieser besteht zum Beispiel aus Verdünnungswasser oder aus einer zweiten Papierstoffsorte, jedoch mit anderer, vorzugsweise geringerer Stoffdichte. Von der Quer-Verteilleitung 75 sind mehrere sektionale Zuführleitungen 77 mit je einem als Steuerventil 79 ausgebildeten Stellglied abgezweigt.

[0077] Jede der Zuführleitungen 77 führt somit einen steuerbaren sektionalen Neben-Stoffstrom zu einer Mischstelle 81, wo er mit einem der sektionalen Hauptstoffströme vermischt wird.

[0078] Im Falle eines Dreischicht-Stoffauflaufes wird man das Leitungssystem 71 bis 77 mit dem Steuerventil 79 und den Mischstellen 81 vorzugsweise der mittleren Schicht zuordnen.

[0079] Abweichend von der Darstellung in Figur 4 könnte zusätzlich noch folgendes vorgesehen werden: Weitere Zuführleitungen für einzeln steuerbare sektio-

nale Neben-Stoffströme könnten in die sektionale Zuführleitungen 69 für den ersten Hauptstoffstrom einmünden.

[0080] Bereits aus der in Figur 4 dargestellten Prinzipskizze wird deutlich, daß die Stellglieder in relativ geringem Abstand zueinander angeordnet sein können. Während bei herkömmlichen Typen eines Stoffauflaufs, deren Blendenverstellung insbesondere mit Stellspindeln vorgenommen wird, der Einfluß der Verstellung einer Stellspindel auf das Flächengewichts-Querprofil mehr als den vierfachen Stellgliedabstand entspricht, wirkt sich die Verstellung eines den Neben-Stoffstrom beeinflussenden Stellglieds auf das Flächengewichts-Querprofil etwa im Bereich des zweieinhalbfachen Stellgliedabstandes aus.

[0081] Mit Hilfe der Erfindung ist es möglich, trotz des geringen Abstands der Stellglieder, bei einer örtlichen Abweichung des Querprofils der Materialbahn, genau das Stellglied anzuspitzen, mit dessen Hilfe sich das gewünschte Querprofil einstellen läßt. Dabei kann aufgrund der relativ hohen Dichte der Stellglieder eine wesentlich verbesserte Papierqualität erreicht werden.

[0082] Aus der Beschreibung ergibt sich insgesamt, daß das Verfahren zur Ermittlung der Auswirkung einer Stellgliedverstellung einfach durchführbar ist, und daß dabei der Prozeß zur Herstellung einer Materialbahn in keiner Weise gestört wird, insbesondere keine allein auf der Messung beruhenden Nachteile für die Bahneigenschaften eintreten. Es bedarf lediglich der Vorhersage der erwarteten Auswirkung anhand von Erkenntniswerten. Durch den Vergleich der theoretisch vorhergesagten Auswirkung mit gemessenen Bahneigenschafts-Querprofil-Werten kann eine Verbesserung der Erkenntniswerte vorgenommen werden, bis die Vorhersage mit dem gemessenen Werten weitgehend übereinstimmt.

[0083] Das Verfahren eignet sich zur Vorhersage einerseits über den Auswirkungsort einer Stellgliedverstellung aber auch andererseits über den Verlauf der Bahneigenschaften in der Nähe des Auswirkungsortes, also über die Form der Auswirkung. Die Vorhersagen über die Form der Auswirkung, also über die Weite der Auswirkung am Auswirkungsort und über die Amplitude der Änderungen der Materialbahneigenschaften am Auswirkungsort, werden durch Vergleich mit gemessenen Werten schrittweise immer weiter verbessert. Auf diese Weise kann auch eine Überlagerung der Auswirkung einer Stellgliedverstellung mit den Auswirkungen benachbarter Stellgliedverstellungen vorhergesagt werden. Es zeigt sich nämlich, daß die Weite der Auswirkung der Verstellung eines Stellgliedes oft so breit ist, daß sie sich über mehrere Stellglieder hinweg erstreckt.

[0084] Mit Hilfe des Verfahrens zur Ermittlung der Auswirkung der Stellgliedverstellungen kann, nach dem Obengesagten, sowohl ein Querschrumpf-Querprofil einer Materialbahn exakt bestimmt werden als auch das seitliche Verlaufen der Materialbahn innerhalb der Her-

stellungsmaschine. Das Querschrumpf-Querprofil ist einerseits als wichtiger Qualitätsparameter der erzeugten Bahn von Interesse, andererseits ermöglicht es auch Rückschlüsse auf die Funktion der Produktionsmaschine.

[0085] Es zeigt sich, daß die Auswirkung anhand von Erkenntniswerten zunächst ungefähr vorausgesagt werden kann und daß bei der Verstellung mehrerer Spindeln und bei der Ermittlung der Auswirkung der Verstellungen die Vorhersage über die Auswirkung so abgestimmt werden kann, daß sowohl ein Querschrumpf-Querprofil als auch ein seitliches Verlaufen der Bahn erfaßt können.

[0086] Insbesondere dadurch, daß nach jeder Verstellung eine Stellglieders die Auswirkung vorherbestimmt und durch Messung geprüft wird, erhält man eine Fülle von Meßwerten, so daß die Erkenntniswerte optimal abgestimmt werden können. Die Vielzahl der Ermittlungen der Auswirkungen läßt sich am besten durch eine automatische Durchführung des Verfahrens realisieren, so daß schließlich auch eine on-line Bestimmung der Auswirkungen möglich ist.

[0087] Aus dem Obengesagten werden die Ziele der beschriebenen Querschrumpfmessung deutlich: Erstens soll eine Querprofilregelung ermöglicht werden, mit deren Hilfe die Zuordnung der Stellgliedpositionen zu den Meßgliedpositionen gegeben ist, so daß die für die optimale Beeinflussung des Querprofils anzusprechenden Stellglieds geortet werden können.

[0088] Außerdem soll eine technologische Prozeßbeurteilung möglich sein, beispielsweise in der Trockenpartie eine gleichmäßige Trocknung über die Bahnbreite oder in der Naßpartie eine gleichmäßige Faserorientierung und ein gleichmäßiges Längs- zu Quer-Reißfestigkeits-Verhältnis über die Bahnbreite oder dergleichen.

[0089] Bei der technologischen Prozeßbeurteilung ist die exakte Kurvenform des Querschrumpf-Querprofils bedeutsam. Bei der Realisierung einer Querprofilregelung muß der Fehler an jeder Stellgliedposition kleiner als der 0,5-fache Stellgliedabstand sein, damit eine Regelung möglich ist. Bei einem Fehler, der kleiner als der 0,2-fache Stellgliedabstand ist, kann eine sinnvolle Regelung realisiert werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung der Auswirkung einer Verstellung von bei der Herstellung einer Materialbahn (3) eingesetzten, über die Bahnbreite verteilt angeordneten, die Materialbahneigenschaften beeinflussenden Stellgliedern (7), wobei bei der Verstellung mindestens eins Stellgliedes (7) eine aus Erkenntniswerten über das Verhalten des Bahneigenschafts-Querprofils bei der Veränderung von Stellgliedern (7) abgeleitete Vorhersage über die Auswirkung der Stellgliedverstellung getroffen wird,

- mindestens ein Bahneigenschafts-Querprofil vor und nach der Verstellung der Stellglieder (7) gemessen wird, die Vorhersage über die Auswirkung der Stellgliedverstellungen mit der gemessenen Auswirkung verglichen wird und die bestehenden Erkenntniswerte abgewandelt werden, bis sich eine bessere Übereinstimmung zwischen vorhergesagter und gemessener Auswirkung ergibt, dadurch **gekennzeichnet**, daß eine Vorhersage über die Auswirkungsorte von Stellgliedverstellungen und/oder eine Vorhersage über die geometrische Form der Auswirkungen getroffen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß eine Vorhersage über die geometrische Form der Auswirkungen getroffen und die Weite der Auswirkung am jeweiligen Auswirkungsort vorhergesagt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß eine Vorhersage über die geometrische Form der Auswirkungen getroffen und die Amplitude der Änderung der Materialbahneigenschaften im jeweiligen Auswirkungsort vorhergesagt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Querschrumpf-Querprofil aus den Auswirkungsorten ermittelt wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, daß das seitliche Verlaufen der Materialbahn (3) aus den Auswirkungsorten ermittelt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, daß nur die Verstellung der Stellglieder (7) berücksichtigt wird, die zur laufenden Einstellung der Bahneigenschafts-Querprofile benötigt werden.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Verstellung der Stellglieder (7) nur so gewählt wird, wie es zur laufenden Einstellung der Bahneigenschafts-Querprofile notwendig ist.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Verstellung der Stellglieder (7) durch eine automatische Bahneigenschafts-Querprofilregelung erfolgt.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Verfahren durch einen Steuerungsrechner (11) automatisch durchgeführt wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Verfahren on-line durchgeführt wird.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Verstellung der Stellglieder (7) zur Beeinflussung von Flächengewicht, Feuchte und/oder Dichte der Materialbahn (3) berücksichtigt wird.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Erkenntniswerte über das Verhalten der Materialbahneigenschaften zunächst aufgrund allgemeiner, einfacher Aussagen über das Verhalten der Materialbahneigenschaften gewonnen werden.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Erkenntniswerte schrittweise abgewandelt werden, wobei zunächst eine möglichst allgemeine, einfache Aussage über das Verhalten der Materialbahneigenschaften getroffen wird und schließlich eine Voraussage, die das tatsächliche Querprofil der Materialbahn (3) möglichst genau wiedergibt.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, daß nach jeder Verstellung der Stellglieder (7) das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13 durchgeführt wird.
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, daß eine Mitteilung oder Filterung der Ergebnisse bei der Bestimmung der Auswirkung für eine Anzahl von Vorhersagen und/oder für eine Anzahl von zeitlich nacheinanderliegenden Stellgliedverstellungen und/oder für eine Anzahl einzelner Querprofilmessungen durchgeführt wird.
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch **gekennzeichnet**,
daß der Grad der Übereinstimmung von Messung
und Vorhersage rechnerisch bestimmt wird, vor-
zugsweise mit mittels einer Korrelationsrechnung
oder durch Auswertung der mittleren quadratischen
Abweichung.

17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-
che,

dadurch **gekennzeichnet**,
daß die ermittelten Auswirkungen von Stellgliedver-
stellungen bei der Herstellung einer Materialbahn
(3) wie insbesondere einer Papier- oder Karton-
bahn aus einer Wasser-Faserstoff-Suspension be-
rücksichtigt werden, bei der eine Anzahl von über
die Bahnbreite verteilt angeordneten und wenig-
stens eine der Bahn-Eigenschaften (beispielsweise
das spezifische Flächengewicht) beeinflussenden
Stellgliedern (7) eingesetzt wird, und bei der man
mittels einer Meßeinrichtung (13) das Querprofil der
genannten Bahneigenschaften mißt und aus den
Meßwerten Stellgrößen gewinnt, die auf die Stell-
glieder (7) derart wirken, daß sich das gewünschte
Bahneigenschafts-Querprofil einstellt.

18. Verfahren nach Anspruch 17,
dadurch **gekennzeichnet**,
daß das ermittelte Querschrumpf-Querprofil die
Grundlage für eine on-line Überwachung und Be-
einflussung des Querschrumpf-Querprofils selbst
ist.

19. Verfahren nach Anspruch 17,
dadurch **gekennzeichnet**,
daß das Flächengewichts-Querprofil durch eine
sektional einstellbare Faserstoffmenge in einem
Stoffauflauf (5) geregelt wird.

20. Einrichtung (1) zur Ermittlung der Auswirkung der
Verstellung von bei der Herstellung einer Material-
bahn (3) eingesetzten, über die Bahnbreite verteilt
angeordneten, die Materialbahneigenschaften be-
einflussenden Stellgliedern (7), insbesondere zur
Durchführung eines Verfahrens nach einem der An-
sprüche 1 bis 18, mit einer Meßeinrichtung (13) zur
Erfassung des Querprofils einer Materialbahneigenschaft,
mit Stellgliedern (7) zur Beeinflussung des Querprofils
der Materialbahneigenschaft und mit einer Recheneinheit
(11) zur Bestimmung der Auswirkung einer Stellglied-
verstellung,
dadurch **gekennzeichnet**,
daß in der Recheneinheit (11) Erkenntniswerte über
das Verhalten der Materialbahneigenschaften bei
der Verstellung eines Stellgliedes (7) verarbeitet
werden, um eine Vorhersage über die Auswirkungs-
orte von Stellgliedverstellungen und/oder eine Vor-
hersage über die geometrische Form der Auswir-
kungen zu treffen.

21. Einrichtung nach Anspruch 20,
dadurch **gekennzeichnet**,
daß die Recheneinheit (11) die Auswirkung anhand
der Erkenntniswerte on-line bestimmt.

22. Einrichtung nach Anspruch 20,
dadurch **gekennzeichnet**,
daß mehrere in Laufrichtung der Materialbahn hin-
tereinanderliegende Meßeinrichtungen (13) vorge-
sehen sind.

23. Einrichtung nach einem der vorhergehenden An-
sprüche,
dadurch **gekennzeichnet**,
daß die Stellglieder (7) zur Herstellung einer Mate-
rialbahn (3) wie insbesondere einer Papier- oder
Kartonbahn vorgesehen sind.

Claims

1. Process for determining the effect of an adjustment to final control elements (7) which are employed in the production of a material web (3), are arranged distributed over the web width and influence the properties of the material web, where, during the adjustment of at least one final control element (7), a prediction is made about the effect of the adjustment to the final control element, derived from empirical values relating to the behaviour of the web property transverse profile in the case of a change to final control elements (7), at least one web property transverse profile is measured before and after the adjustment to the final control elements (7), the prediction relating to the effect of the adjustments to the final control elements is compared with the measured effect and the existing empirical values are modified until the result is better agreement between predicted and measured effects, characterized in that a prediction is made about the effect locations of adjustments to final control elements and/or a prediction is made about the geometric shape of the effects.
2. Process according to Claim 1, characterized in that a prediction is made about the geometric shape of the effects, and the width of the effect at the respective effect location is predicted.
3. Process according to Claim 1 or 2, characterized in that a prediction is made about the geometric shape of the effects, and the amplitude of the change in the material web properties at the respective effect location is predicted.
4. Process according to one of the preceding claims, characterized in that the transverse shrinkage transverse profile is determined from the effect lo-

cations.

5. Process according to one of the preceding claims, characterized in that the lateral course of the material web (3) from the effect locations is determined. 5
6. Process according to one of the preceding claims, characterized in that account is taken only of the adjustment to the final control elements (7) which are needed for the continuous setting of the web property transverse profiles. 10
7. Process according to one of the preceding claims, characterized in that the adjustment to the final control elements (7) is selected only in the manner which is needed for the continuous setting of the web property transverse profiles. 15
8. Process according to one of the preceding claims, characterized in that the final control elements (7) are adjusted by means of an automatic web property transverse profile control system. 20
9. Process according to one of the preceding claims, characterized in that the process is carried out automatically by a control computer (11). 25
10. Process according to one of the preceding claims, characterized in that the process is carried out online. 30
11. Process according to one of the preceding claims, characterized in that account is taken of the adjustment to the final control elements (7) in order to influence grammage, moisture content and/or density of the material web (3). 35
12. Process according to one of the preceding claims, characterized in that the empirical values relating to the behaviour of the material web properties are initially obtained on the basis of general, simple statements about the behaviour of the material web properties. 40
13. Process according to one of the preceding claims, characterized in that the empirical values are modified step by step, first of all the most general, simple statement about the behaviour of the material web properties being made and subsequently a prediction being made which reproduces the actual transverse profile of the material web (3) as accurately as possible. 45
14. Process according to one of the preceding claims, characterized in that following each adjustment to the final control elements (7), the process according to one of Claims 1 to 13 is carried out. 50
15. Process according to one of the preceding claims, characterized in that averaging or filtering of the results is carried out when determining the effect for a number of predictions and/or for a number of chronologically successive adjustments to final control elements and/or for a number of individual transverse profile measurements. 55
16. Process according to one of the preceding claims, characterized in that the degree of agreement of measurement and prediction is determined by computation, preferably by means of a correlation calculation or by evaluating the mean square deviation.
17. Process according to one of the preceding claims, characterized in that the determined effects of adjustments to final control elements are taken into account during the production of a material web (3), such as in particular a paper or board web, from a water/fibrous material suspension, in which a number of final control elements (7) which are arranged distributed over the web width and influence at least one of the web properties (for example the specific grammage) are employed, and in which, by means of a measuring device (13), the transverse profile of the aforementioned web properties is measured and the measured values are used to obtain final control variables which act on the final control elements (7) in such a way that the desired web property transverse profile is established.
18. Process according to Claim 17, characterized in that the determined transverse shrinkage transverse profile is the basis for online monitoring and influencing the transverse shrinkage transverse profile itself.
19. Process according to Claim 17, characterized in that the transverse grammage profile is regulated by means of a sectionally adjustable quantity of fibrous material in a headbox (5).
20. Device (1) for determining the effect of the adjustment to final control elements (7) which are employed in the production of a material web (3), are arranged distributed over the web width and influence the properties of the material web, in particular for carrying out a process according to one of Claims 1 to 18, having a measuring device (13) for registering the transverse profile of a material web property, having final control elements (7) for influencing the transverse profile of the material web property, and having a computing unit (11) for determining the effect of an adjustment to a final control element, characterized in that, in the computing unit (11), empirical values relating to the behaviour of the material web properties during adjustment of

a final control element (7) are processed in order to make a prediction about the effect locations of adjustments to final control elements and/or to make a prediction about the geometric shape of the effects.

21. Device according to Claim 20, characterized in that the computing unit (11) determines the effect online by using the empirical values.
22. Device according to Claim 20, characterized in that a number of measuring devices (13) are provided one behind another in the running direction of the material web.
23. Device according to one of the preceding claims, characterized in that the final control elements (7) are provided for the production of a material web (3) such as, in particular, a paper or board web.

Revendications

1. Procédé de détermination de l'effet d'un réglage d'actionneurs (7) utilisés dans la fabrication d'une bande de matériau (3), répartis sur la largeur de la bande et agissant sur les caractéristiques de la bande de matériau, une prévision de l'effet du réglage des actionneurs étant effectuée lors du réglage d'au moins un actionneur (7) à partir des valeurs connues du comportement du profil transversal des caractéristiques de la bande lors de la modification d'actionneurs (7), au moins un profil transversal des caractéristiques de la bande étant mesuré avant et après le réglage des actionneurs (7), la prévision de l'effet des réglages des actionneurs étant comparée à l'effet mesuré et les valeurs connues existantes étant modifiées, jusqu'à ce que l'on obtienne une meilleure concordance entre l'effet prévisible et l'effet mesuré, caractérisé en ce qu'une prévision des endroits d'effet des réglages des actionneurs et/ou une prévision de la forme géométrique des effets est effectuée.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'une prévision de la forme géométrique des effets est effectuée et que l'ampleur de l'effet est prévisible pour chaque endroit d'effet respectif.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'une prévision de la forme géométrique des effets est effectuée et que l'amplitude de la modification des caractéristiques de la bande de matériau est prévisible dans chaque endroit d'effet respectif.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le profil transversal du retrait transversal est déterminé à partir des endroits d'effet.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'allure latérale de la bande de matériau (3) est déterminée à partir des endroits d'effet.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que seul est pris en compte le réglage des actionneurs (7) qui sont nécessaires pour l'ajustement continu des profils transversaux des caractéristiques de la bande.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le réglage des actionneurs (7) n'est choisi que dans la mesure où il est nécessaire à l'ajustement continu des profils transversaux des caractéristiques de la bande.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le réglage des actionneurs (7) s'effectue par une régulation automatique des profils transversaux des caractéristiques de la bande.
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le procédé est réalisé automatiquement par un ordinateur de commande (11).
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le procédé est réalisé en ligne.
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le réglage des actionneurs (7) est pris en compte pour agir sur le grammage, l'humidité et/ou la densité de la bande de matériau (3).
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les valeurs connues du comportement des caractéristiques de la bande de matériau sont obtenues tout d'abord sur la base d'informations simples et générales sur le comportement des caractéristiques de la bande de matériau.
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les valeurs connues sont modifiées par incréments, une information si possible simple et générale sur le comportement des caractéristiques de la bande de matériau étant donnée tout d'abord avant une prévision résultant le profil transversal effectif de la bande de matériau (3) aussi précisément que possible.
14. Procédé selon l'une quelconque des revendications

- précédentes, caractérisé en ce que l'on réalise le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13 après chaque réglage des actionneurs (7).
- 15.** Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'une communication ou un filtrage des résultats est réalisé lors de la détermination de l'effet pour un certain nombre de prévisions et/ou pour un certain nombre de réglages des actionneurs se suivant successivement dans le temps et/ou pour un certain nombre de mesures de profil transversal individuelles. 5 10
- 16.** Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le degré de concordance entre la mesure et la prévision est déterminé par le calcul, de préférence au moyen d'un calcul de corrélation ou par une évaluation de l'écart quadratique moyen. 15 20
- 17.** Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on prend en compte les effets mesurés de réglages des actionneurs lors de la fabrication d'une bande de matériau (3) comme en particulier une bande de papier ou de carton à partir d'une suspension d'eau et de matière fibreuse, dans laquelle on utilise une pluralité d'actionneurs (7) répartis sur la largeur de la bande et agissant au moins sur l'une des caractéristiques de la bande (par exemple le grammage spécifique), et dans laquelle on mesure au moyen d'un dispositif de mesure (13) le profil transversal desdites caractéristiques de la bande et l'on obtient des grandeurs de réglage à partir des valeurs de mesure qui agissent de telle sorte sur les actionneurs (7) que le profil transversal souhaité des caractéristiques de la bande s'ajuste. 25 30 35
- 18.** Procédé selon la revendication 17, caractérisé en ce que le profil transversal du retrait transversal déterminé constitue la base d'une surveillance et d'une action en ligne sur le profil transversal du retrait transversal lui-même. 40
- 19.** Procédé selon la revendication 17, caractérisé en ce que le profil transversal du grammage est régulé par une quantité de matière fibreuse ajustable de manière sectionnelle dans une caisse de tête (5). 45
- 20.** Dispositif (1) pour déterminer l'effet du réglage d'actionneurs (7) utilisés dans la fabrication d'une bande de matériau (3), répartis sur la largeur de la bande et agissant sur les caractéristiques de la bande de matériau, en particulier pour réaliser un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 18, comprenant un dispositif de mesure (13) pour détecter le profil transversal d'une caractéristique de la bande de matériau, comprenant des actionneurs (7) pour agir sur le profil transversal de la caractéristique de la bande de matériau et comprenant une unité de calcul (11) pour déterminer l'effet d'un réglage des actionneurs, caractérisé en ce que dans l'unité de calcul (11) sont traitées des valeurs connues du comportement des caractéristiques de la bande de matériau lors du réglage d'un actionneur (7), afin d'effectuer une prévision des endroits d'effet de réglages des actionneurs et/ou une prévision de la forme géométrique des effets. 50
- 21.** Dispositif selon la revendication 20, caractérisé en ce que l'unité de calcul (11) détermine l'effet en ligne au moyen des valeurs connues. 55
- 22.** Dispositif selon la revendication 20, caractérisé en ce que plusieurs dispositifs de mesure (13) disposés les uns derrière les autres dans la direction d'avance de la bande de matériau sont prévus.
- 23.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est prévu des actionneurs (7) pour la fabrication d'une bande de matériau (3), en particulier une bande de papier ou de carton.

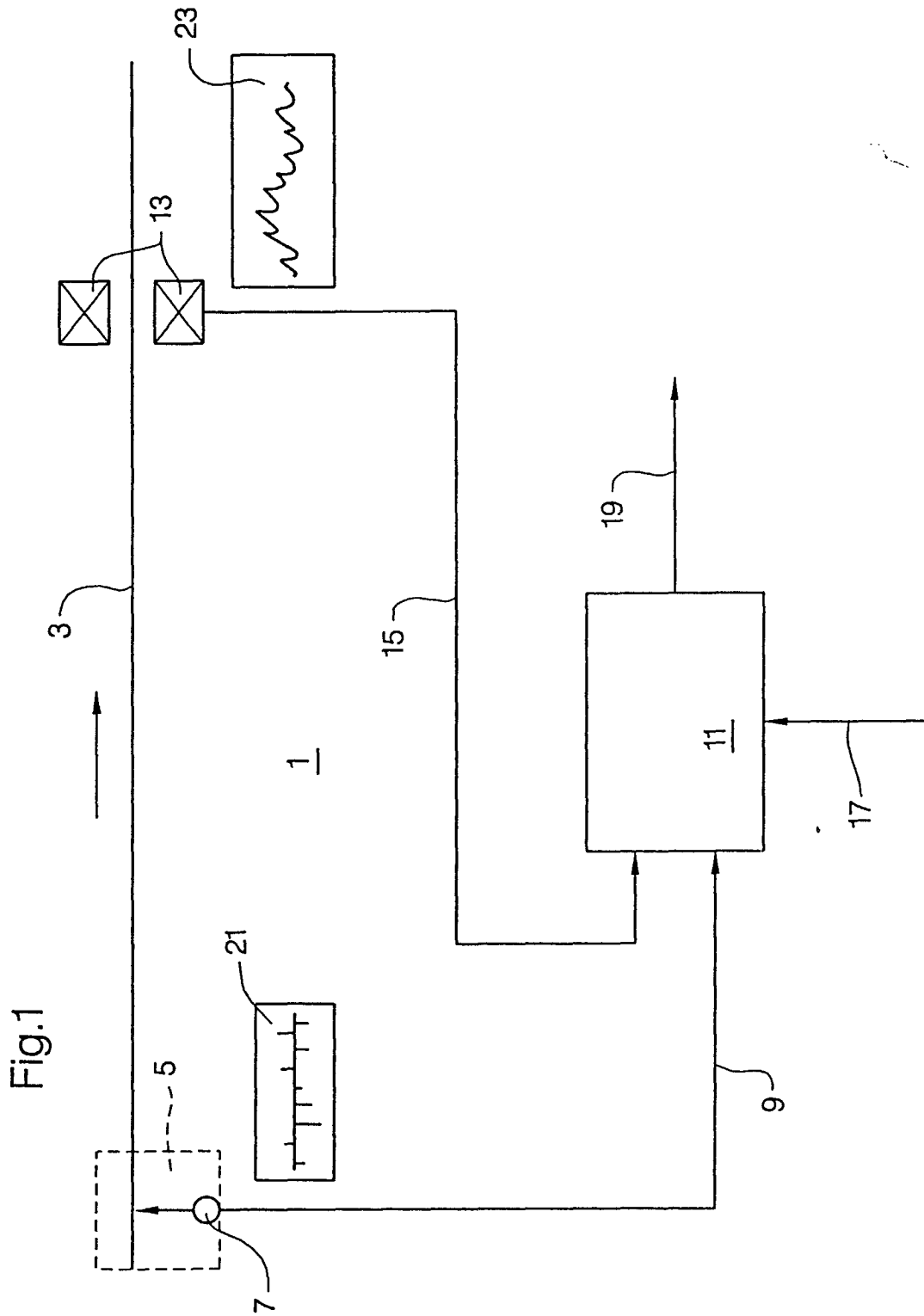


Fig.2

