

(19)



(11)

EP 2 313 552 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
09.01.2013 Patentblatt 2013/02

(51) Int Cl.:
D21G 9/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09780911.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2009/059406

(22) Anmeldetag: **22.07.2009**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2010/010109 (28.01.2010 Gazette 2010/04)

(54) **VERFAHREN ZUR OPTIMIERUNG DER ENERGIEBILANZ IN FORMIEREINHEITEN IN MASCHINEN ZUR HERSTELLUNG VON FASERSTOFFBAHNEN UND FORMIEREINHEIT**

METHOD FOR OPTIMIZING THE ENERGY BALANCE IN FORMING UNITS IN MACHINES FOR PRODUCING FIBROUS WEBS AND FORMING UNIT

PROCÉDÉ D'OPTIMISATION DU BILAN ÉNERGÉTIQUE DES UNITÉS DE FORMAGE DANS DES MACHINES DE FABRICATION DE BANDES DE MATIÈRES FIBREUSES, AINSI QU'UNITÉ DE FORMAGE

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

(30) Priorität: **24.07.2008 DE 102008040688**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.04.2011 Patentblatt 2011/17

(73) Patentinhaber: **Voith Patent GmbH**
89520 Heidenheim (DE)

(72) Erfinder:
• **RÜHL, Thomas**
73249 Wernau (DE)
• **SCHMALENBACH, Moritz**
76227 Karlsruhe (DE)
• **SCHMIDT-ROHR, Volker**
89522 Heidenheim (DE)
• **ESPER, Marco**
89522 Heidenheim (DE)
• **KAUFMANN, Oliver**
89564 Nattheim (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 1 426 488

EP 2 313 552 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Optimierung der Energiebilanz einer Formiereinheit in einer Maschine zur Herstellung von Faserstoffbahnen, insbesondere Papier-, Karton- oder Tissuebahnen, bei welchem eine über einen Stoffauflauf in die Formiereinheit eingebrachte Faserstoffsuspension nach Erreichen des Immobilitätspunkts über zumindest zwei Entwässerungseinrichtungen innerhalb einer sich an den Immobilitätspunkt anschließenden Verdichtungszone zu einem Übergabebereich an eine anschließende Funktionseinheit geführt wird.

[0002] Die Erfindung betrifft ferner eine Formiereinheit, umfassend zumindest ein, die Faserstoffsuspension wenigstens mittelbar abstützendes endlos umlaufendes Siebband und wenigstens zwei in Reihe geschaltete beziehungsweise in Durchlaufrichtung der Faserstoffsuspension innerhalb der Verdichtungszone hintereinander angeordnete Entwässerungseinrichtungen.

[0003] Die Herstellung von Faserstoffbahnen in einem kontinuierlichen Herstellungsprozess erfolgt durch Formierung von Fasern aus einer wässrigen Suspension auf einem sich bewegenden Siebband innerhalb der Formiereinheit. Dabei wird der Suspension und der sich aus dieser ausbildenden Bahn das Wasser aufgrund der Gewichtskraft, durch mechanisches Anpressen, insbesondere aufgrund der Siebspannung an gekrümmten Entwässerungselementen und mit Hilfe von Vakuumabsaugung durch das Siebband entzogen. Die Faserstoffbahn wird im Anschluss an die Entwässerung in der Formiereinheit in eine Presseinrichtung transferiert, in der dieser weiter Wasser entzogen wird. Anschließend wird die Bahn in eine Trockensektion überführt, in welcher der Trockenprozess abgeschlossen wird. Formiereinheiten als Bestandteil eines Nassteils einer Maschine zur Herstellung von Faserstoffbahnen sind in einer Vielzahl von Ausführungen aus dem Stand der Technik bekannt. Diese werden im Hinblick auf ihre konkrete Ausführung in Einsiebformer und Doppelsiebformer unterteilt. Hybridformer stellen dabei eine Variante eines Doppelsiebformers mit einem Langsieb dar, wobei als Langsieb in der Regel das untere Siebband des Doppelsiebformers fungiert. Die wesentliche Aufgabe derartiger Formiereinheiten besteht darin, zum einen eine gezielte Ablagerung der Fasern neben- und übereinander sowie Faserorientierung innerhalb der Faserstoffsuspension in gewünschter Weise zu erreichen und ferner die Faserstoffsuspension während des Durchlaufs durch die Formiereinheit derart zu entwässern, dass am Ende der Formiereinheit in Maschinenrichtung betrachtet eine Faserstoffbahn, die durch einen entsprechend vordefinierten Trockengehalt charakterisiert ist, an die nachfolgenden weiterverarbeitenden Einheiten, insbesondere eine Presseneinheit, übergeben werden kann. Um eine ausreichende Qualität des Endprodukts zu gewährleisten und die Menge an zu verwerfenden Endprodukt zu minimieren, sind bei der Herstellung von Materialbahnen, insbesondere Faserstoffbahnen in Papier- oder Kartonmaschinen die Eigenschaften der Faserstoffbahn kontinuierlich zu überwachen. Als Steuergröße einer Steuer- und/oder Regelung im Herstellungsprozess können dazu unterschiedliche Parameter gesetzt werden, beispielsweise das Flächengewicht, das Wassergewicht oder auch die Dicke einer Faserstoffbahn in unterschiedlichen Abschnitten innerhalb der Maschine zur Herstellung derartiger Faserstoffbahnen. Die Endqualität der Faserstoffbahn wird dabei wesentlich durch die Prozesse in der Formiereinheit beeinflusst, beispielsweise die Formation. Im Stand der Technik gibt es eine Vielzahl von Regelverfahren, mit denen die Faserstoffbahnqualität, die sich beispielsweise in der Formation, Porosität, Faserorientierung, dem vertikalen Blattaufbau und Feuchtegehalt ausdrückt, durch die Steuerung der Entwässerung innerhalb der Formiereinheit geregelt werden kann.

[0004] Aus der Druckschrift EP 1 426 488 A1 ist eine Vorrichtung zur Herstellung einer Faserstoffbahn vorbekannt, welche einen Doppelsiebformer aufweist, der miteinander zusammenwirkende Siebbänder umfasst, die unter Ausbildung einer so genannten Doppelsiebzone über einen Teilbereich ihres Umlaufwegs gemeinsam geführt werden. Dabei ist innerhalb dieser eine Messanordnung zur Messung einer Eigenschaft der Faserstoffbahn im Bereich oder in der Umgebung der Doppelsiebzone angeordnet, wobei die gemessene Eigenschaft einer Regeleinheit als Ist-Größe zugeführt wird und diese Regeleinheit einen Produktionsparameter für die Herstellung der Faserstoffbahn regelt. Dabei wird als Regelgröße beispielhaft das Druckniveau beziehungsweise das Vakuum einer Entwässerungseinrichtung innerhalb einer Vorentwässerungszone gesetzt. Aufgrund eines von der Regeleinheit ermittelten Soll-Trockengehalts der Faserstoffbahn kann eine in Durchlaufrichtung der Faserstoffbahn zu Anfang angeordnete Entwässerungseinrichtung der Vorentwässerungszone, d.h. noch vor der Verdichtungszone zur Einstellung des Trockengehalts der Faserstoffbahn genutzt werden. Als wesentliches Ziel wird dabei die Einstellung einer vordefinierten Formation angesehen.

[0005] Aus der Druckschrift EP 1 454 012 B1 ist ein Verfahren zum Betrieb einer Formiereinheit vorbekannt, bei welchem die Konsistenz an Ganzstoff innerhalb der Formiereinheit, ferner der Einfluss der Konsistenz auf die Ausbildung und/oder Porosität der entstehenden Faserstoffbahn bestimmt werden und die Konsistenz auf der Grundlage der Qualitätseigenschaften der fertigen Faserstoffbahn und/oder durch Optimieren einer Kostenfunktion eingestellt wird. Die Qualitätseigenschaft der Faserstoffbahn ist durch die Ausbildung dieser und /oder die Porosität definiert. Die Kostenfunktion umfasst zumindest die durch den erforderlichen Energieeintrag und die Antriebsleistung bedingten Kosten.

[0006] Aus der Druckschrift EP 1 137 845 B1 ist ein Verfahren und ein System zur Regelung des Querprofils des Stofftrockengewichts einer Materialbahn vorbekannt, welches aus einer Faserstoffsuspension in einer Formiereinheit gebildet wird, die zumindest ein endlos umlaufendes wasserdurchlässiges Siebband umfasst. Dabei wird ein Istwert des Stofftrockengewichts in der Trockenpartie ermittelt und anhand eines innerhalb der Formiereinheit mittels Wasser-

gewichtssensoren bestimmten Wassergewichtsquerprofils auf ein sich einstellendes Stoffrockengewicht-Querprofil geschlossen. Das Stoffrockengewicht-Querprofil wird auf der Grundlage des aus der Wassergewichtsmessung vorausbestimmten Stoffrockengewicht-Querprofils geregelt.

[0007] Alle vorgenannten Ausführungen nutzen als Regelgröße unter anderem die Entwässerungsleistung an den Entwässerungseinrichtungen innerhalb der Formiereinheit, wobei hier vorzugsweise als Regelgrößen Drücke, insbesondere Unterdrücke an Saugeinrichtungen fungieren. Demgegenüber offenbart EP 1 063 348 A2 eine Möglichkeit der Steuerung/Regelung von Entwässerungseinrichtungen in Form von Formationsleisten.

[0008] Die Ausführungen aus dem Stand der Technik lösen im Wesentlichen die Aufgabe, die einzelnen Komponenten einer Formiereinheit derart zu steuern und/oder zu regeln beziehungsweise in ihrem Zusammenwirken derart aufeinander abzustimmen, dass hinsichtlich des zu erzielenden Ergebnisses im Bezug auf die entstehende Materialbahn, insbesondere Faserstoffbahn, optimale Eigenschaften gewünschter Art erzielt werden. Unberücksichtigt bleibt dabei im Wesentlichen der Kostenaspekt, welcher sich aus der Energiebilanz der gesamten Anlage ergibt. Dabei steht eine günstige Energiebilanz in der Regel im Widerspruch zum gewünschten Ergebnis, nämlich der Erzielung eines entsprechend hohen Trockengehalts nach Erreichen beziehungsweise Durchlaufen der Formiereinheit. In vielen Anlagen werden dabei beispielsweise die anzulegenden Unterdrücke an den einzelnen Saugeinrichtungen innerhalb der Formiereinheit auf einen festen Wert voreingestellt, wobei Hochleistungssaugeinrichtungen während des Betriebs häufig auf das maximal zu erzeugende Vakuum eingestellt sind. Dementsprechend hoch ist der Leistungsbedarf zur Entwässerung. Aufgrund der Relativbewegung zwischen dem bewegbaren Siebband und der Hochvakuumsaugereinrichtung ist das Siebband ferner - bedingt durch die hohen Reibkräfte - starkem Verschleiß unterworfen.

[0009] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Optimierung der Energiebilanz einer Formiereinheit derart zu entwickeln, dass auch bei geringerem erforderlichem Energieeintrag in die Formiereinheit ein im Hinblick auf den erforderlichen Trockengehalt optimales Ergebnis unter Nichtbeeinträchtigung der Blattbildung erzielt wird. Die Faserstoffsuspension innerhalb der Formiereinheit ist dabei möglichst energiesparend und verschleißarm bis zum Erreichen des erforderlichen Trockengehalts zu entwässern.

[0010] Die erfindungsgemäße Lösung ist durch die Merkmale des unabhängigen Anspruchs 1 charakterisiert. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben. Die Formiereinheit ist gemäß dem unabhängigen Anspruch 12 mit einer entsprechenden Steuer- und/oder Regelvorrichtung ausgestattet.

[0011] Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Optimierung der Energiebilanz einer Formiereinheit in einer Maschine zur Herstellung von Faserstoffbahnen, insbesondere Papier-, Karton- oder Tissuebahnen, bei welchem eine über einen Stoffauflauf in die Formiereinheit eingebrachte Faserstoffsuspension nach Erreichen des Immobilitätspunkts über zumindest zwei Entwässerungseinrichtungen innerhalb einer sich an den Immobilitätspunkt anschließenden Verdichtungszone zu einem Übergabebereich an eine anschließende Funktionseinheit geführt wird, ist dadurch gekennzeichnet, dass in Abhängigkeit eines theoretisch unter Anlagenbedingungen maximalen erreichbaren Trockengehalts für eine bestimmte Faserstoffsuspension im Bereich des Übergabebereichs der Faserstoffbahn an eine nachgeordnete Funktionseinheit auf der Basis der vorhandenen Entwässerungseinrichtungen ein Sollwert für einen einzustellenden Zieltrockengehalt vorgegeben wird, der derart gewählt ist, dass dieser kleiner als der theoretisch unter Anlagenbedingungen maximal erreichbare Trockengehalt, jedoch gleich oder größer als ein erforderlicher Mindesttrockengehalt im Bereich des Übergabebereichs ist, und dass der Zieltrockengehalt durch Verringerung des Eingangstrockengehalts an zumindest einer der letzten Entwässerungseinrichtungen, vorzugsweise direkt der letzten Entwässerungseinrichtung innerhalb der Verdichtungszone gesteuert, in einer besonders vorteilhaften Ausführung geregelt wird.

[0012] Unter theoretisch maximal erzielbarem/erreichbarem Trockengehalt wird der theoretisch unter Ausnutzung der Anlagebedingungen, insbesondere maximalen Anlagenbedingungen erreichbare stoffabhängige Trockengehalt der Faserstoffbahn verstanden. Die Anlagenbedingungen werden durch Prozessparameter der Betriebsweise der einzelnen Entwässerungseinrichtungen sowie der gesamten Formiereinheit, insbesondere der Durchlaufgeschwindigkeit charakterisiert. Diese beinhalten auch die Trockendauer an den einzelnen Entwässerungselementen, welche als Funktion der Durchlaufgeschwindigkeit der Faserstoffsuspension und der Länge der jeweiligen Einwirkungsstrecke bestimmbar ist sowie die Prozessparameter der einzelnen Entwässerungseinrichtungen/Entwässerungselemente, insbesondere Drücke beziehungsweise Unterdrücke. Stoffabhängig in diesem Zusammenhang bedeutet die Eigenschaften der zu entwässernden Faserstoffsuspension, insbesondere deren Zusammensetzung, Wassergehalt etc.

[0013] Dieser theoretisch maximal erreichbare Trockengehalt ist zu unterscheiden vom absoluten maximalen Trockengehalt, welcher dem Trockengehalt nach unendlich langer Trockenzeitdauer an einem beziehungsweise den einzelnen Entwässerungselementen entspricht und in der Praxis nicht umsetzbar ist.

[0014] Unter Immobilitätspunkt wird der örtliche Bereich innerhalb einer Formiereinheit verstanden, an welchem die einzelnen Fasern in der Faserstoffsuspension in ihrer Lage zueinander ausgerichtet sind und sich im Verhältnis zueinander nicht mehr bewegen können. Dieser Bereich markiert auch den Beginn der eigentlichen Verdichtungszone, d.h. es findet in dieser keine Formierung mehr statt sondern lediglich ein Herauslösen von Fluid, insbesondere Wasser aus der sich aus der Suspension bildenden Faserstoffbahn.

[0015] Unter Entwässerungseinrichtungen im Sinne der Erfindung werden alle stationären, bewegbaren oder rotier-

baren Einrichtungen verstanden, welche durch das Aufbringen von Kräften, Impulsen und Drücken sowie das Anlegen eines Vakuums eine Entwässerung der Faserstoffsuspension ermöglichen. Zu diesen gehören insbesondere Saugrichtungen, welche in Form stationärer Saugkästen, gekrümmter oder ebener Führungselemente, wie Siebtische, Flachs-
 5 Saugrichtungen oder rotierbarer Walzen vorliegen. Der Saugbereich ist dabei stationär, d.h. ortsfest angeordnet und kann von einer oder mehreren sich in Maschinenrichtung und quer zu dieser über die gesamte Bahnbreite erstreckenden und in Reihe schaltbaren Saugzonen gebildet werden, wobei die einzelnen in Reihe in Maschinenrichtung angeordneten Saugzonen einzeln, in Gruppen oder gemeinsam schaltbar sind.

[0016] In einer weiteren Ausführung ist es denkbar, den Saugbereich auch quer zur Maschinenrichtung in einzelne Saugzonen zu unterteilen, die ebenfalls einzeln, in Gruppen oder gemeinsam ansteuerbar sind.

[0017] Die Erfinder haben erkannt, dass aufgrund der Charakteristik des Entwässerungsverhaltens der Faserstoffsuspension an oder auf einer Entwässerungseinrichtung der an dieser am Ende vorliegende Ausgangstrockengehalt der Faserstoffsuspension sich nicht direkt proportional zum Eingangstrockengehalt verhält und somit auch mit einem geringeren Eingangstrockengehalt an einer Entwässerungseinrichtung noch ein höherer Ausgangstrockengehalt einstellbar ist, der im Bereich des theoretisch mit dieser Entwässerungseinrichtung unter Anlagebedingungen für die konkrete Faserstoffsuspension erreichbaren maximalen Trockengehalt liegt. Dieses Verhalten wird gezielt zur Energieeinsparung genutzt, indem nicht zwangsläufig eine maximale Ausnutzung der theoretisch zur Verfügung stehenden Leistung an allen einzelnen Entwässerungseinrichtungen erfolgt, sondern lediglich eine der letzten, vorzugsweise direkt die letzte Entwässerungseinrichtung in der Verdichtungszone derart ausgebildet und angeordnet wird, dass diese geeignet ist,
 15 eine sehr hohe oder auch die maximal unter Anlagebedingungen mögliche Entwässerungsleistung zu erzielen und damit in der Regel mit sehr hohem oder maximal möglichem Energieeintrag und damit maximaler Betriebsleistung betrieben wird, während zumindest eine oder mehrere dieser vorgeordneten Entwässerungseinrichtungen innerhalb der Verdichtungszone derart betrieben werden, dass der an diesen theoretisch erzielbare stoffabhängige Ausgangstrockengehalt geringer ist als der maximal möglich erreichbare bei voller Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Leistung. Dadurch können diese mit erheblich geringerem Energieeintrag und damit geringerer Leistung als zur Erzielung des theoretisch maximal möglichen Trockengehalts im Zusammenwirken mit der letzten Entwässerungseinrichtung betrieben werden,
 25 so dass beispielsweise bei Entwässerungseinrichtungen in Form von Saugrichtungen Luftmengeneinsparungen im zweistelligen Prozentbereich möglich sind. Gleichzeitig wird die Wirkung der letzten Entwässerungseinrichtung innerhalb der Verdichtungszone bei gleich bleibenden Betriebsparametern dahingehend verstärkt, dass aufgrund des nunmehr an dieser bei Einlauf der Faserstoffsuspension/Faserstoffbahn vorhandenen geringeren Eingangstrockengehalts der eingesetzte Energieeintrag zu einer erhöhten Entwässerungsleistung führt und damit auch zu einer Verbesserung der Schmierwirkung aufgrund der dadurch bedingten erhöhten Entwässerungsmenge. Dies erlaubt es, Hochleistungssaugrichtungen als eine der letzten oder vorzugsweise direkt als letzte Entwässerungseinrichtung einzusetzen, wobei der Einsatz ohne zusätzliche Maßnahmen verschleißarm erfolgen kann.

[0018] Um eine hinsichtlich des Trockengehalts stabilen Betriebsweise einer Formiereinheit zu erzielen, ist es nicht zwingend erforderlich, den theoretisch maximal unter Anlagebedingungen möglichen Trockengehalt in einer Formiereinheit im Übergabebereich an die nachgeordnete Funktionseinheit einzustellen, sondern es genügt, in Abhängigkeit der Betriebs- und Prozessbedingungen einen geringeren vordefinierten und von der zur entwässernden Faserstoffsuspension abhängigen Mindesttrockengehalt einzustellen. In Ausnutzung der Kenntnisse über das Entwässerungsverhalten an einer Entwässerungseinrichtung kann dann im Ergebnis ein optimaler Gesamttrockengehalt im Auslauf aus der Formiereinheit bei gleichzeitiger Verringerung des erforderlichen Energieeintrags erzielt werden. Dadurch können die
 40 einzelnen Entwässerungselemente wesentlich effektiver hinsichtlich ihrer Energiebilanz betrieben werden. Diese benötigen eine wesentlich geringere Leistung, wodurch die Betriebskosten merklich gesenkt werden können.

[0019] Der Eingangstrockengehalt an der letzten Entwässerungseinrichtung kann durch Steuerung der Entwässerungsleistung an zumindest einer dieser innerhalb der Verdichtungszone vorgeordneten Entwässerungseinrichtung eingestellt werden. In einer besonders vorteilhaften Ausführung wird diese dazu mit einer geringeren Leistung und damit Entwässerungsleistung als maximal möglich betrieben.

[0020] Um eine stabile und kontinuierliche Betriebsweise einer Formiereinheit in einer Maschine zur Herstellung einer Faserstoffbahn zu gewährleisten wird der Zieltrockengehalt geregelt. Dazu wird ein Ist-Wert des Zieltrockengehalts hinter dem letzten Entwässerungselement in der Verdichtungszone fortlaufend oder periodisch ermittelt, mit dem Sollwert
 50 verglichen und in Abhängigkeit der Differenz werden die einzelnen Stelleinrichtungen der einzelnen Entwässerungseinrichtungen angesteuert. Die einzelnen, der letzten Entwässerungseinrichtung innerhalb der Verdichtungszone vorgeordneten Entwässerungseinrichtungen fungieren als Stelleinrichtungen dieser Regelung, deren Betriebsparameter fungieren als Regelgröße.

[0021] Der einzustellende Zieltrockengehalt im Übergabebereich wird derart gewählt, dass dieser in einem Bereich von 0,1 bis 5%, besonders bevorzugt 0,1 bis 3%, ganz besonders bevorzugt 0,1 bis 2% vom theoretisch erreichbaren maximalen Trockengehalt abweicht.

[0022] Vorrichtungsmäßig umfasst dazu die Formiereinheit einer Maschine zur Herstellung von Faserstoffbahnen zumindest ein, eine Faserstoffsuspension wenigstens mittelbar abstützendes endlos umlaufendes Siebband und we-

nigstens zwei in Reihe geschaltete beziehungsweise in Durchlaufrichtung der Faserstoffsuspension innerhalb einer Verdichtungszone hintereinander angeordnete Entwässerungselemente. Desweiteren ist ein Steuer- und/oder Regelsystem vorgesehen, umfassend eine Steuer- und/oder Regelvorrichtung, die mit wenigstens einer Einrichtung zur zumindest mittelbaren Erfassung einer den Trockengehalt der Faserstoffbahn in einem Übergabebereich aus der Formiereinheit an eine nachgeordnete Funktionseinheit zumindest mittelbar charakterisierende Größe, einer Einrichtung zur Vorgabe eines Sollwerts eines einzustellenden Zieltrockengehalts und zumindest mittelbar mit den Stelleinrichtungen einer einzelnen, einer der letzten Entwässerungseinrichtungen oder der letzten Entwässerungseinrichtung innerhalb der Verdichtungszone vorgeschalteten Entwässerungseinrichtung verbunden ist. Die Steuer- und/oder Regelvorrichtung weist desweiteren einen Stellgrößenbildner zur Bildung der Stellgrößen für die Ansteuerung der einzelnen Entwässerungseinrichtungen auf. Als Einrichtung zur zumindest mittelbaren Erfassung einer den Trockengehalt der Faserstoffbahn in einem Übergabebereich aus der Formiereinheit an eine nachgeordnete Funktionseinheit zumindest mittelbar charakterisierende Größe kann ein Sensor zur direkten Erfassung oder zur Erfassung einer in einem funktionalen Zusammenhang mit dem Trockengehalt stehenden Größe oder durch Messung der Entwässerungsmenge, wie beispielsweise Wassergewichtssensoren zum Einsatz gelangen.

[0023] Vorzugsweise erfolgt über die Steuer- und/oder Regelvorrichtung die Ansteuerung einer Mehrzahl, vorzugsweise aller Entwässerungseinrichtungen, so dass diese mit allen Stelleinrichtungen der einzelnen Entwässerungseinrichtungen gekoppelt ist. Die einzelne Entwässerungseinrichtung kann als eine der nachfolgenden Entwässerungseinrichtungen ausgeführt sein:

- Saugeinrichtung, insbesondere ortsfeste Saugeinrichtung oder rotierbare Siebsaugwalze;
- Formationskasten mit zumindest einer Saugzone und Formationsleisten ortsfest oder anpressbar;
- Formationsleisten; oder
- gekrümmtes Entwässerungselement.

[0024] In besonders vorteilhafter Weise ist eine der letzten Entwässerungseinrichtungen, vorzugsweise die letzte zu durchlaufende Entwässerungseinrichtung einer Formiereinheit, als Hochleistungsvakuumsaugeinrichtung ausgeführt. Die dieser vorgeordnete oder auch vorgeordneten Vakuumsaugeinrichtungen können dann bei nur geringfügig verringertem Gesamttrockengehalt mit erheblich geringerer Saugleistung betrieben werden. Die erfindungsgemäße Lösung ist hinsichtlich des Energiesparpotentials besonders effektiv bei Ausführungen von Entwässerungseinrichtungen, welche Vakuumsaugeinrichtungen umfassen. Denkbar ist jedoch auch die Anwendung für andere Entwässerungselemente, wie beispielsweise verstellbare Formationsleisten, bei denen beispielsweise der Anpressdruck minimiert werden kann.

[0025] Die erfindungsgemäße Lösung wird nachfolgend anhand von Figuren erläutert. Darin ist im Einzelnen Folgendes dargestellt:

- | | | |
|----|-------------------|--|
| 35 | Figur 1a und 1 b | verdeutlichen in schematisiert vereinfachter Darstellung anhand einer Ausführung einer erfindungsgemäßen Formiereinheit und eines dieser zugeordneten Steuer-/Regelsystems ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Steuerung des Trockengehalts; |
| | Figur 2a | verdeutlicht anhand eines Signalflossbilds ein Verfahren zur Steuerung des Trockengehalts; |
| | Figur 2b | verdeutlicht anhand eines Signalflossbilds ein Verfahren zur Regelung des Trockengehalts; |
| 40 | Figuren 3a und 3b | verdeutlicht anhand von Diagrammen die Funktionsweise der erfindungsgemäßen Lösung; |
| | Figuren 4a und 4b | verdeutlichen beispielhaft mögliche Konfigurationen einer Formiereinheit im Anschluss an den Immobilitätspunkt mit Eignung zur Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens anhand eines Ausschnitts aus dieser; |
| 45 | Figuren 5a und 5b | verdeutlichen beispielhaft weitere mögliche Konfigurationen einer Formiereinheit im Anschluss an den Immobilitätspunkt mit Eignung zur Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens anhand eines Ausschnitts aus dieser; |
| | Figuren 6a und 6b | verdeutlichen beispielhaft mögliche dritte Konfigurationen einer Formiereinheit im Anschluss an den Immobilitätspunkt mit Eignung zur Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens anhand eines Ausschnitts aus dieser; |
| 50 | Figur 7a | eine schematische Schnittdarstellung einer ersten Ausführungsform einer Entwässerungseinrichtung in Form einer Siebsaugwalze für die erfindungsgemäße Formiereinheit; |
| 55 | Figur 7b | eine schematische Schnittdarstellung einer zweiten Ausführungsform einer Entwässerungseinrichtung in Form einer Siebsaugwalze für die erfindungsgemäße Formiereinheit; |

(fortgesetzt)

- Figur 8a eine schematische Schnittdarstellung einer ersten Ausführungsform einer Entwässerungseinrichtung in Form eines Hochvakuumsaugers für die erfindungsgemäße Formiereinheit; und
- Figur 8b eine schematische Schnittdarstellung einer zweiten Ausführungsform einer Entwässerungseinrichtung in Form eines Hochvakuumsaugers für die erfindungsgemäße Formiereinheit.

[0026] Die Figuren 1a und 1b verdeutlichen in schematisiert stark vereinfachter Darstellung anhand einer beispielhaften Ausführung einer Formiereinheit 1 und eines Steuer-/Regelsystems 4 das Grundprinzip eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Optimierung der Energiebilanz innerhalb der Formiereinheit 1 in einer Maschine 2 zur Herstellung von Materialbahnen, insbesondere in Form von Faserstoffbahnen F in Form von Papier-, Karton- oder Tissuebahnen. Schematisiert stark vereinfacht dargestellt ist in der Figur 1a dazu eine Formiereinheit 1, welcher ein Stoffauflauf 3 vorgeordnet ist, über den eine Faserstoffsuspension FS der Formiereinheit 1 zugeführt wird. Zur Verdeutlichung der einzelnen Richtungen ist ein Koordinatensystem an die Formiereinheit 1 angelegt. Die X-Richtung beschreibt die Richtung der Führung der Faserstoffsuspension FS und damit die innerhalb der Maschine 2 zur Herstellung von Faserstoffbahnen vorgesehene Durchlaufrichtung für die aus dieser gebildeten Materialbahn, welche auch als Maschinenrichtung MD bezeichnet wird. Die Richtung senkrecht zu dieser in der gleichen horizontalen Ebene beschreibt die Y-Richtung, welche der Richtung quer zur Maschinenrichtung MD entspricht und als CD-Richtung bezeichnet wird. Die Z-Richtung senkrecht zu beiden vorgenannten Richtungen beschreibt die Vertikalrichtung.

[0027] In der Formiereinheit 1 wird die Faserstoffsuspension FS an zumindest einem endlos umlaufenden Siebband 11.1, im dargestellten Fall zumindest über einen Teilbereich zwischen zwei endlos umlaufenden Siebbändern 11.1 und 11.2 geführt, filtriert und eingedickt und ab Erreichen eines so genannten Immobilitätspunkts IP in der sich anschließenden Verdichtungszone VZ verdichtet. Zwischen dem Stoffauflauf 3 und einem Übergabebereich 5, in welchem die Faserstoffbahn F an eine der Formiereinheit 1 nachgeordnete Presseneinheit 6 übergeben wird, umfasst die Formiereinheit 1 in Form eines Hybridformers im dargestellten Fall dazu beispielhaft drei Entwässerungsstrecken S1 bis S3, die hintereinander geschaltet sind und nacheinander von der Faserstoffsuspension FS durchlaufen werden. Diese sind unterschiedlich aufgebaut. Die in Durchlaufrichtung erste Entwässerungsstrecke S1 bildet eine so genannte Vorentwässerungszone 10, die sich daran anschließende Entwässerungsstrecke S2 wird als Doppelsiebzone 12 bezeichnet, während die Entwässerungsstrecke S3 eine Nachentwässerungsstrecke 13 bildet. Das Siebband 11.1 ist Bestandteil aller Entwässerungsstrecken S1 bis S3. In den einzelnen Zonen 10, 12 und 13 sind Entwässerungseinrichtungen E1 bis En zumindest mittelbar an der Faserstoffsuspension FS wirksam. Innerhalb der Vorentwässerungszone 10 ist im Anschluss an den Stoffauflauf 3 im ersten endlos umlaufenden Siebband 11.1 eine Brustwalze 14 vorgesehen. Der Einschuss der Faserstoffsuspension FS erfolgt direkt auf einen, in einer horizontalen Ebene angeordneten Siebtisch als Entwässerungseinheit E2, welcher von der vom Siebband 11.1 gebildeten Langsiebanordnung gestützt wird. Die Entwässerung erfolgt über die Entwässerungsstrecke S1 und damit der Vorentwässerungszone 10. Die Faserstoffsuspension FS wird weiter über die zweite Entwässerungsstrecke S2, welche von der Doppelsiebzone 12 gebildet wird, geführt und entwässert. Dazu wird das Siebband 11.1 gemeinsam mit einem weiteren zweiten, endlos umlaufenden Siebband 11.2 in Form eines Obersiebbands über einen Teil seines Umlaufwegs unter Ausbildung der Entwässerungsstrecke S2 geführt. In der Entwässerungsstrecke S2 ist zumindest eine Entwässerungseinrichtung E3 angeordnet, die an wenigstens einem der Siebbänder, vorzugsweise beiden Siebbändern 11.1 und 11.2 und der dazwischen geführten Faserstoffsuspension FS wirksam wird. Die Trennung zwischen dem ersten und dem zweiten Siebband 11.1 und 11.2 erfolgt dabei der Entwässerungseinrichtung E3 nachgeordnet, wobei zur Unterstützung der Trennung Saugvorrichtungen vorgesehen werden können, beispielsweise in Form von gekrümmten Trennsaugern oder aber die Entwässerungseinrichtung E3 mit einer entsprechend ausgebildeten Saugzone versehen ist. Die Entwässerungseinrichtung E3 besteht aus einem im Siebband 11.2 angeordneten Entwässerungskasten 15 und einem im Siebband 11.1 im Bereich der Erstreckung des Entwässerungskastens 15 in Siebumlaufrichtung des Siebbands 11.2 betrachtet angeordneten Formationskasten 16. Der Entwässerungskasten 15 und der Formationskasten 16 enthalten so genannte Formationsleisten, wobei vorzugsweise die im Formationskasten 16 enthaltenen Formationsleisten 16.1 bis 16.n an der Innenfläche des Siebbands 11.1 gegenüber diesem anpressbar gelagert sind. Die einzelnen Formationsleisten 16.1 bis 16.n im Formationskasten 16 sind dabei vorzugsweise einzeln, in Gruppen oder gemeinsam anpressbar. Die Formationsleisten 16.1 bis 16.n sind vorzugsweise einzeln geführt und in Sieblaufrichtung betrachtet hintereinander, vorzugsweise parallel zueinander angeordnet und erstrecken sich über die Maschinenbreite. Der Entwässerungskasten 15 bildet die Entwässerungseinrichtung E3.2, der Formationskasten 16 die Entwässerungseinrichtung E3.1. Die Anpressung der Formationsleisten 16.1 bis 16.n erfolgt über eine Stelleinrichtung 9.31. Entwässerungskasten 15 und/oder Formationskasten 16 sind ferner besaugt, wobei die Besaugung in Erstreckungsrichtung in Maschinenrichtung MD betrachtet über eine Saugzone oder mehrere hintereinander geschaltete und einzeln oder gruppenweise ansteuerbare Saugzonen erfolgen kann. Innerhalb

der Doppelsiebzone 12 stellt sich der Immobilitätspunkt IP für die Fasern in der Faserstoffsuspension FS ein. Dieser kennzeichnet in Maschinenrichtung MD den Ort, an welchem die Fasern der Faserstoffsuspension FS aufgrund der Entwässerung derart ausgerichtet sind, dass diese nunmehr ihre Ausrichtung nicht mehr verändern und in ihrer Lage zueinander erhalten bleiben, wobei eine weitere Einwirkung von Entwässerungseinrichtungen nur noch zur weiteren Entwässerung unter Verdichtung führt, weshalb der sich an den Immobilitätspunkt anschließende Funktionsbereich als Verdichtungszone VZ bezeichnet wird. Dieser örtliche Bereich ist innerhalb der Entwässerungsstrecke S2 vorgesehen und erstreckt sich über die Breite der Formiereinheit 1.

[0028] Der Doppelsiebzone 12 nachgeordnet ist die Nachentwässerungszone 13, welche in Reihe geschaltet und nacheinander angeordnet die Entwässerungseinrichtungen E4, En-1 und En enthält, wobei En die letzte Entwässerungseinrichtung vor dem Übergabebereich 5 bildet. Die einzelnen Entwässerungseinrichtungen E4 bis En können vorzugsweise in Form von Saugeinrichtungen ausgebildet sein. Die Nachentwässerungszone 13 wird dabei vom ersten Siebband 11.1 gebildet. Die Formiereinheit 1 umfasst somit zumindest einen, vorzugsweise eine Mehrzahl von in Reihe oder parallel wirkenden Entwässerungseinrichtungen E1 bis En.

[0029] Vor dem Übergabebereich 5 weist die entstandene Faserstoffbahn F einen Trockengehalt TG auf, welcher als Endtrockengehalt an der Formiereinheit 1 bezeichnet wird. Dieser wird in der Regel vorgegeben und entspricht dem einzustellenden Trockengehalt TG am Ende der Formiereinheit 1. In Abhängigkeit der Anlagebedingungen, wie Geschwindigkeit der Maschine zur Herstellung von Faserstoffbahnen F und der gewählten Entwässerungseinrichtungen E1 bis En sowie deren Betriebsparameter kann dabei für eine bestimmte Faserstoffsuspension, d.h. eine Faserstoffsuspension mit bestimmten Eigenschaften, wie Zusammensetzung, Konsistenz, usw. theoretisch ein maximaler Endtrockengehalt TG_{max} am Ende der Formiereinheit 1, insbesondere im Übergabebereich 5 oder vor diesem im Anschluss an die letzte Entwässerungseinrichtung En erzielt werden. Dieser theoretisch maximale Trockengehalt TG_{max} für eine bestimmte Faserstoffsuspensionsart wird dann erreicht, wenn alle Entwässerungseinrichtungen E1 bis En unter Ausnutzung ihrer maximal möglichen Leistung bei maximal möglicher Einwirkzeit betrieben werden. Es hat sich jedoch gezeigt, dass durch eine alleinige Steigerung des Energieeintrags und damit der Leistung der einzelnen Entwässerungseinrichtungen E1 bis En über die Einwirkdauer dieser betrachtet nicht zwangsläufig eine mit diesen korrespondierende Entwässerungssteigerung innerhalb der Formiereinheit 1 erzielt wird. Die Erfinder haben erkannt, dass ein geringfügig von TG_{max} abweichender geringerer Trockengehalt TG_{Ziel} im Auslaufbereich 17 der Formiereinheit 1, das heißt im oder vor dem Übergabebereich 5 im Anschluss an die letzte Entwässerungseinrichtung En auch dann erreichbar ist, wenn die Leistung der einzelnen Entwässerungseinrichtungen, insbesondere derjenigen, welche der letzten in Durchlaufrichtung angeordneten Entwässerungseinrichtung En vorgeordnet und dem Immobilitätspunkt IP nachgeordnet sind, hier E4 bis En-1 mit n Element der natürlichen Zahlen nicht ihrer theoretisch verfügbaren Maximalleistung entspricht, so dass die theoretisch maximal zur Verfügung stehende Entwässerungsleistung an der letzten Entwässerungseinrichtung En voll ausgenutzt werden kann. Dabei wird ein zu erzielender Zieltrockengehalt TG_{Ziel} der Faserstoffbahn F für den Auslaufbereich 17 der Formiereinheit 1 vorgegeben, welcher in einem Bereich von etwa 0,1 bis 5%, bevorzugt 0,1 - 3%, ganz besonders bevorzugt 0,1 - 2 % vom theoretisch maximalen erreichbaren und stoffabhängigen Trockengehalt TG_{max} unter Anlagenbedingungen abweicht. Dieser wird als Sollwert $X_{Soll-TG_{Ziel}}$ gesetzt. Der aktuelle sich einstellende Istwert $X_{Ist-TG_{Ziel}}$ am Auslauf 17 der Formiereinheit 1 wird mittels einer Einrichtung 7 zur wenigstens mittelbaren Erfassung einer den Trockengehalt TG wenigstens mittelbar beschreibenden Größe erfasst. Diese Einrichtung 7 ist dabei vorzugsweise direkt der Bahnführung im Auslaufbereich 17 der Formiereinheit 1 zugeordnet und ist im einfachsten Fall als Sensor ausgeführt. Der Sollwert wird in einer Steuer- und/oder Regelvorrichtung 8 verarbeitet und durch Ansteuerung zumindest einer, vorzugsweise zumindest der, der letzten Entwässerungseinrichtung En direkt vorgeordneten Entwässerungseinrichtung En-1 eingestellt. Dazu ist die Steuer- und/oder Regelvorrichtung 8 mit der Stelleinrichtung oder den Stelleinrichtungen 9.1 bis 9.n-1 der einzelnen, der letzten innerhalb der Formiereinheit 1 in Durchlaufrichtung der Faserstoffsuspension FS angeordneten Entwässerungseinrichtung En vorgeordneten Entwässerungseinrichtungen E1 bis En-1 gekoppelt. Diese werden als Funktion des zu erreichenden Zieltrockengehalts $X_{Soll-TG_{Ziel}}$ in Abhängigkeit des tatsächlich vorliegenden Ist-Werts vorzugsweise derart geregelt, dass der Istwert $X_{Ist-TG_{Ziel}}$ dem Sollwert $X_{Soll-TG_{Ziel}}$ entspricht. Die Ansteuerung erfolgt derart, dass die Entwässerungsleistung an der, der Entwässerungseinrichtung En vorgeordneten und dem Immobilitätspunkt IP nachgeordneten Entwässerungseinrichtung En-1 beziehungsweise den weiteren vorgeordneten Entwässerungseinrichtungen E4 bis En-1 abgesenkt wird, so dass sich am Auslauf dieser einzelnen Entwässerungseinrichtungen E4 bis En-1 jeweils ein geringerer Trockengehalt einstellt als bei vollständiger Ausnutzung der Entwässerungsleistungen an den einzelnen Entwässerungseinrichtungen E4 bis En-1. Dabei fungieren die einzelnen nach dem Immobilitätspunkt IP und vor der letzten Entwässerungseinrichtung En angeordneten Entwässerungseinrichtungen E4 bis En-1 als Stelleinrichtungen einer Steuerung/Regelung 4 des Zieltrockengehalts TG_{Ziel} .

[0030] Figur 1b verdeutlicht beispielhaft die Ein- und Ausgangsgrößen an der, der Formiereinheit 1 zugeordneten Steuer- und/oder Regelvorrichtung 8. Als Eingangsgröße X fungiert zumindest der Sollwert für den zu erzielenden Zieltrockengehalt $X_{Soll-TG_{Ziel}}$, bei einer Regelung zusätzlich der Istwert $X_{Ist-TG_{Ziel}}$. Unter Beibehaltung der Verhältnisse an der letzten Entwässerungseinrichtung En, insbesondere Einstellung der maximalen Entwässerungsleistung an dieser durch Ansteuerung der dieser zugeordneten Stelleinrichtung 9.n unter Ausbildung einer entsprechenden Stellgröße

Y9.n werden die weiteren Stellgrößen Y9.4 und/oder Y9.n-1 ermittelt und die Stelleinrichtungen 9.4 und/oder 9.n-1 angesteuert.

[0031] Die Figur 2a verdeutlicht dabei anhand eines Signalflussbilds das Grundprinzip des erfindungsgemäßen Verfahrens. Daraus ersichtlich ist die Kenntnis beziehungsweise die Ermittlung des maximalen Trockengehalts TG_{\max} , welcher innerhalb der Formiereinheit 1 mit den zur Verfügung stehenden Entwässerungseinrichtungen E1 bis En in ihrer Kombination in Anwendung unter optimaler Ausnutzung der theoretisch zur Verfügung stehenden Entwässerungsleistung $P_{\max\text{-theoretisch}}$ erzielbar ist. In Abhängigkeit des unter Anlagebedingungen theoretisch maximal erzielbaren stoffabhängigen Trockengehalts TG_{\max} wird für den Betrieb der Formiereinheit 1 ein zu erzielender Zieltrockengehalt TG_{Ziel} vorgegeben, welcher als Funktion von TG_{\max} festgelegt wird. Dieser entspricht, wie bereits ausgeführt, einem Wert, der im Bereich von 0,1 bis 5%, vorzugsweise 0,1 bis 3%, ganz besonders bevorzugt 0,1 bis 2% vom tatsächlichen theoretisch möglichen maximalen Trockengehalt TG_{\max} abweicht. Der Zieltrockengehalt TG_{Ziel} ist dabei geringer als der maximale Trockengehalt TG_{\max} .

[0032] Ferner wird der Zieltrockengehalt TG_{Ziel} als Sollwert $X_{\text{Soll}} - TG_{\text{Ziel}}$ einer Steuerung, vorzugsweise einer Regelung gesetzt. Figur 2a verdeutlicht beispielhaft lediglich die Steuerung. Hier erfolgt in Abhängigkeit der ermittelten beziehungsweise vorgegebenen Sollwerte $X_{\text{Soll}} - TG_{\text{Ziel}}$ eine Ansteuerung zumindest einer der letzten Entwässerungseinrichtung En der Formiereinheit 1 vorgeordneten Entwässerungseinrichtung En-1 bis En-x und damit einer Vorgabe der Stellgrößen Y9.n-1, $x = f(X_{\text{Soll}} - TG_{\text{Ziel}})$, wobei x der maximalen Anzahl an Entwässerungseinrichtungen E innerhalb der Verdichtungszone VZ entspricht.

[0033] Die Figur 2b verdeutlicht die Integration der erfindungsgemäßen Steuerung in eine Regelung, wobei neben der Sollwertvorgabe $X_{\text{Soll}} - TG_{\text{Ziel}}$ der aktuelle Ist-Wert $X_{\text{ist}} - TG_{\text{Ziel}}$ fortlaufend ermittelt wird und die einzelnen Stellgrößen Y9.n-1, x zur Ansteuerung der der letzten Entwässerungseinrichtung vorgeordneten Entwässerungseinrichtungen En-1 bis En-x gebildet werden. Die in Durchlaufrichtung letzte Entwässerungseinrichtung En wird dabei mit der maximal möglichen Entwässerungsleistung betrieben. Die Stellgröße Y9.n zur Ansteuerung ist konstant, d.h. bleibt unverändert beziehungsweise wird entsprechend der maximalen Leistung festgelegt. Durch den fortlaufenden Vergleich kann das Entwässerungsverhalten an den der letzten Entwässerungseinrichtung vorgeordneten Entwässerungseinrichtungen En-1, x derart gesteuert und geregelt werden, dass diese hinsichtlich ihrer Entwässerungsleistung abgesenkt werden und unter Ausnutzung der maximal theoretisch möglichen Entwässerungsleistung der maximal mögliche Entwässerungseffekt mit der letzten Entwässerungseinrichtung En erzielt wird.

[0034] Die Erfinder nutzen dabei die Erkenntnis, dass sich die Trockengehaltsentwicklung in der Blattverdichtungszone bei vorgegebener Vakuumhöhe an einer Entwässerungseinrichtungen E in Form von Saugeinrichtungen und damit die Entwässerungswirkung durch eine Exponentialfunktion beschreiben lässt. Diese lautet für die einzelne Entwässerungseinrichtung E wie folgt und ist beispielhaft in Figur 3a anhand eines Diagramms wiedergegeben:

$$TG_{E\text{-aus}} = TG_{E\text{-ein}} + (TG_{\infty} - TG_{E\text{-ein}}) \times (1 - e^{-t_{\text{saug}} \times k})$$

mit

$TG_{E\text{-aus}}$ Ausgangstrockengehalt an der Entwässerungseinrichtung E;
 $TG_{E\text{-ein}}$ Eingangstrockengehalt an der Entwässerungseinrichtung E;
 TG_{∞} theoretisch erreichbarer stoffabhängiger Trockengehalt an einem Entwässerungselement bei unendlicher Einwirkdauer, insbesondere Saugzeit;
k Stoffkonstante; und
 t_{saug} Saugzeit am betrachteten Entwässerungselement E.

[0035] Dabei steigt ausgehend von einem niedrigen Eingangstrockengehalt $TG_{E\text{-ein}}$ an der jeweilig betrachteten Entwässerungseinrichtung E der Trockengehalt TG der Faserstoffsuspension FS beziehungsweise der vorliegenden Faserstoffbahn F mit der Saugzeit zunächst sehr rasch an. Aufgrund der exponentiellen Charakteristik des Entwässerungsverhaltens nimmt die Steigung der Entwässerungsintensität jedoch zunehmend ab, das heißt, die Trockengehaltssteigerung pro Zeitintervall wird geringer. Der Trockengehalt TG nähert sich dann im Verlauf asymptotisch dem theoretisch absolut erreichbaren Trockengehalt TG_{∞} an dieser Entwässerungseinrichtung E nach unendlicher Trockenzeit, insbesondere Saugzeit an. Dieser entspricht dabei dem Trockengehalt TG_{∞} , der bei unendlich langer Saugzeit an der einzelnen Entwässerungseinrichtung erzielt wird. Änderungen beim Eingangstrockengehalt $TG_{E\text{-ein}}$ wirken sich daher nicht wesentlich auf den Ausgangstrockengehalt $TG_{E\text{-aus}}$ aus. Praktisch ist jedoch eine unendlich lange Einwirkdauer und damit Trockenzeit nicht realisierbar. Daher wird die einzelne Entwässerungseinrichtung im Stand der Technik mit maximaler Entwässerungsleistung betrieben, wobei ein über die Betriebsdauer t_{Betrieb} , welche der Einwirkdauer entspricht ein theoretisch maximaler Trockengehalt TG_{\max} erzielt wird. Die Erfinder haben nun erkannt, dass das Verhalten

in optimaler Weise ausgenutzt werden kann, um die gesamte beschriebene Anlage effektiver und insbesondere energieeffizienter zu betreiben, indem ein geringerer als der theoretisch maximal erreichbare Trockengehalt TG_{\max} als zu erreichender Zieltrockengehalt TG_{Ziel} gesetzt wird, welcher einem noch zulässigen Mindesttrockengehalt beim Auslauf aus der Formiereinheit 1 entspricht. Dieser wird eingesteuert, vorzugsweise eingeregelt.

[0036] Die Figur 3b verdeutlicht anhand eines Trockengehalts-/Zeitdauerdiagramms ein konkretes Beispiel einer Trockengehaltsentwicklung in einer Formiereinheit 1 innerhalb einer Blattverdichtungszone VZ, umfassend beispielhaft eine zweizonige Siebsaugwalze in Form einer kombinierten Entwässerungseinrichtung mit einer nachfolgenden Entwässerungseinrichtung En in Form eines Hochvakuumsaugers. Die einzelnen Saugzonen der Siebsaugwalze werden als Entwässerungseinrichtungen E4 und E5 bezeichnet. Die Führungsgeschwindigkeit der Faserstoffbahn F beträgt beispielhaft 2000 m/min. Der Trockengehalt $TG_{E4,5-\text{ein}}$ vor der Siebsaugwalze mit den einzelnen Saugzonen E4, E5 beträgt konstant 8%. Beim Anlegen jeweils der maximalen Vakuumhöhen an den Entwässerungseinrichtungen E4, E5, in der ersten Zone mit 30 kPa und in der zweiten Zone mit 60 kPa beispielhaft betrieben, ergibt sich entsprechend der Kennlinie I ein Ausgangstrockengehalt $TG_{E4,E5-\text{aus}}$ von 14,6%. Mit der Entwässerungseinrichtung En in Form eines Hochvakuumsaugers, welcher beispielhaft mit 65 kPa und damit der Maximalleistung betrieben wird, wird ein Trockengehalt von 19,6 % erreicht. Dieser Trockengehalt $TG_{\text{En-aus}}$ entspricht dem erreichbaren stoffabhängigen Maximaltrockengehalt TG_{\max} unter Anlagebedingungen am Auslauf der Formiereinheit 1. Als Mindesttrockengehalt zur Aufrechterhaltung eines stabilen Betriebs und damit Zieltrockengehalt TG_{Ziel} werden hier für die erfindungsgemäße Regelung 19% gesetzt. Die daraus resultierende Kennlinie ist im Diagramm mit II bezeichnet. Bei gleichem Eingangstrockengehalt $TG_{E4,5-\text{ein}}$ von 8% kann die Leistung an den Entwässerungseinrichtungen E4 und E5 herabgesetzt werden. Die Vakuumhöhe in der ersten Zone und damit an E4 beträgt 25kPa, an der zweiten Entwässerungseinrichtung E5 55 kPa. Der erzielbare Ausgangstrockengehalt $TG_{E4,E5-\text{aus}}$ und damit Eingangstrockengehalt $TG_{\text{En-ein}}$ an der Entwässerungseinrichtung En reduziert sich gegenüber I auf 13,3%. Der starke Abfall des Trockengehalts an der Siebsaugwalze wird zum Teil über die nachfolgende Entwässerungseinrichtung En kompensiert. An En steigt bei gleicher Leistung die Entwässerungsleistung an und ermöglicht dadurch ferner eine bessere Schmierung zwischen Siebband und Entwässerungseinrichtung En.

[0037] Die Figuren 4a und 4b verdeutlichen beispielhaft anhand von Ausschnitten aus einer Formiereinheit 1 Anordnungen der einzelnen Entwässerungselemente E1 bis En, des Immobilitätspunkts IP sowie des Messorts für den Zieltrockengehalt TG_{Ziel} . Erkennbar sind in der Figur 4a in einem Ausschnitt aus einer Doppelsiebzone 12 eine Entwässerungseinheit E1 aus zwei beidseitig an den aneinander gegenüberliegenden Seiten der die Faserstoffsuspension FS führenden Siebbänder 11.1, 11.2 wirksam werdende Entwässerungseinrichtungen E1.1 und E1.2, wobei eine der beiden Entwässerungseinrichtungen E1.1, E1.2 als Entwässerungskasten 15 ausgeführt ist, an welchem ein Vakuum anlegbar ist und die andere zweite Entwässerungseinrichtung E1.2 mit elastischen Formationsleisten 16.1 bis 16.n, welche an der von der Faserstoffsuspension FS tragenden Seite weggerichteten Seite des Siebbands 11.2 wirksam werden, ausgeführt ist. Diese dienen der Aufbringung von Druckimpulsen in die Faserstoffsuspension FS. Nach Durchlaufen der Entwässerungseinrichtung E1 wird der Immobilitätspunkt IP erreicht und die aus der Faserstoffsuspension FS entstehende Faserstoffbahn F wird über einzelne weitere Entwässerungseinrichtungen E2 in Form einer Saugeinrichtung, E3 in Form einer Siebsaugwalze sowie En-1 in Form einer Saugeinrichtung und der letzten in Durchlaufrichtung angeordneten Saugeinrichtung En entwässert. Dabei kann zur Einstellung des Zieltrockengehalts TG_{Ziel} das Entwässerungsverhalten an den einzelnen Entwässerungselementen E2 und/oder E3 und/oder En-1 gesteuert werden, um am Einlauf in das letzte Entwässerungselement En einen geringeren Eingangstrockengehalt zu erzielen.

[0038] Demgegenüber verdeutlicht die Figur 4b eine Ausführung gemäß Figur 4a, bei welchem auf das Entwässerungselement En-1 verzichtet wurde. Hier erfolgt die Steuerung im Wesentlichen über die nunmehr der letzten Entwässerungseinrichtung En vorgeordnete Entwässerungseinrichtung En-1 in Form einer Siebsaugwalze.

[0039] Figur 5a verdeutlicht einen Ausschnitt aus einer Formiereinheit 1 mit Doppelsiebzone 12 und anschließender Nachentwässerungszone 13, wobei die Doppelsiebzone 12 zumindest teilweise dargestellt ist, umfassend auch hier eine Entwässerungseinheit E1 aus einer oberen Entwässerungseinrichtung E1.2 und einer im unteren Siebband 11.1 angeordneten Entwässerungseinrichtung E1.1 mit leistenförmigen Elementen 16.1 bis 16.n zum Einbringen von Druckimpulsen in die zwischen den beiden endlos umlaufenden Siebbändern 11.1 und 11.2 geführte Faserstoffsuspension FS. Innerhalb der von der Doppelsiebzone 12 gebildeten Entwässerungsstrecke S1 schließt sich desweiteren eine Entwässerungseinrichtungen E2 in Form einer Saugeinrichtung an. Innerhalb der nachfolgenden Entwässerungsstrecke S2 in Form einer Nachentwässerungszone 13 sind die Entwässerungseinrichtungen E3, En-1 und En mit ihren Stellanrichtungen 9.3, 9.n-1 und 9.n angeordnet. Die Steuerung des Entwässerungsverhaltens erfolgt hier hauptsächlich über die Steuerung entweder der Entwässerungseinrichtung En-1 und/oder E3 und/oder E2.

[0040] Demgegenüber verdeutlicht die Figur 5b eine alternative Ausführung der Ausbildung einer Doppelsiebzone 12, bei welcher im Anschluss an die Entwässerungseinrichtung E1 aus E1.2 in Form eines Entwässerungskastens 15 und E1.1 in Form eines Formationskastens 16 im Siebband 11.1 eine Saugeinrichtung angeordnet ist, umfassend zwei Saugzonen unter Ausbildung der Entwässerungseinrichtungen E2, E3 sowie beabstandet zu diesen nach Trennung der beiden Siebbänder 11.1, 11.2 im faserstoffbahnführenden Siebband 11.1 die Entwässerungseinrichtung En-1 und daran anschließend eine Siebsaugwalze als Entwässerungseinrichtung En. Um den Zieltrockengehalt TG_{Ziel} hinter dem letzten

Entwässerungselement En in Form der Siebsaugwalze zu erzielen, wird der Eingangstrockengehalt an dieser gesteuert, und zwar durch Steuerung des Entwässerungsverhaltens an zumindest einem der einzelnen Entwässerungselemente E2 bis En-1.

[0041] Die Figuren 6a und 6b verdeutlichen beispielhaft weitere Ausführungen einer Formiereinheit 1, umfassend eine Entwässerungseinrichtung E1.1 in Form eines besaugbaren Obersiebsaugkastens sowie eine am Untersieb angeordnete Entwässerungseinrichtung E1.2 und im Anschluss daran zueinander beabstandet angeordnete Entwässerungselemente E2 bis En, wobei E2 bis E4 von einzelnen Saugeinrichtungen gebildet werden, während En-1 von einer Saugwalze und En wiederum von einer Saugeinrichtung gebildet wird. Die Figur 6b verdeutlicht eine alternative Ausführung mit verringerter Anzahl an Entwässerungseinrichtungen E2 und E3 gegenüber Figur 6a, wobei die Entwässerungseinrichtung E1.2 eine unterschiedliche Anzahl an Siebsaugzonen aufweist.

[0042] Die Figur 7a zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer ersten Ausführungsform einer Entwässerungseinrichtung E3 in Form einer Siebsaugwalze für die erfindungsgemäße und in den Figuren 4a, 4b, 6a und 6b dargestellte und beschriebene Formiereinheit 1.

[0043] Die dargestellte und dem Fachmann wohl bekannte Siebsaugwalze weist rein beispielhaft zwei Saugzonen auf, die in Anlehnung an die Figur 3b mit E4 und E5 bezeichnet sind. Sie kann selbstverständlich auch mehr als zwei Saugzonen aufweisen. Die beiden unmittelbar benachbarten Saugzonen E4 und E5 sind mittels einer gemeinsamen Haupttrennwand 18 voneinander getrennt. Die gegenseitige Begrenzung der jeweiligen Saugzone E4 und E5 erfolgt mittels je einer bewegbaren Nebentrennwand 19.4 und 19.5. Ist die jeweilige Nebentrennwand 19.4 und 19.5 in ihrer Endposition angeordnet, so weist jede der beiden Saugzonen E4 und E5 eine offene Fläche von 100 % auf. Durch eine Bewegung (Pfeil) der jeweiligen Nebentrennwand 19.4 und 19.5 kann die jeweilige offene Fläche der einzelnen Saugzone E4 und E5 in einem Bereich von 100 % bis 0 % eingestellt werden. Die Bewegung (Pfeil) der jeweiligen Nebentrennwand 19.4 und 19.5 kann in bekannter Weise mittels einer jeweiligen und von der Steuer- und/oder Regelvorrichtung beaufschlagbaren Stelleinrichtung 9.4 und 9.5 erfolgen. Rein beispielhaft sind die beiden Nebentrennwände 19.4 und 19.5 auch nach einer erfolgten Bewegung gestrichelt dargestellt, wobei die erste Saugzone E4 dann noch eine offene Fläche von ca. 30 % und die zweite Saugzone E5 dann noch eine offene Fläche von ca. 50 % aufweist.

[0044] Die Figur 7b zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer zweiten Ausführungsform einer Entwässerungseinrichtung E3 in Form einer Siebsaugwalze für die erfindungsgemäße und in den Figuren 4a, 4b, 6a und 6b dargestellte und beschriebene Formiereinheit 1.

[0045] Die dargestellte und dem Fachmann wohl bekannte Siebsaugwalze weist rein beispielhaft zwei Saugzonen auf, die in Anlehnung an die Figur 3b mit E4 und E5 bezeichnet sind. Sie kann selbstverständlich auch mehr als zwei Saugzonen aufweisen. Die beiden unmittelbar benachbarten Saugzonen E4 und E5 sind mittels einer gemeinsamen Haupttrennwand 18 voneinander getrennt. Die gegenseitige Begrenzung der jeweiligen Saugzone E4 und E5 erfolgt mittels je einer Nebentrennwand 19.4 und 19.5. Die jeweilige Saugzone E4 und E5 weist eine maximal offene Fläche von 100 % auf. Weiterhin ist für jede der beiden Saugzonen E4 und E5 jeweils eine Abdeckplatte 20.4 und 20.5 vorgesehen, mittels welcher die offene Fläche der dazugehörigen Saugzone E4 und E5 bis auf 0 % reduziert werden kann. Die einzelne Abdeckplatte 20.4 und 20.5 ist innenseitig der jeweiligen Saugzone E4 und E5 bewegbar angeordnet (Pfeil). Die Bewegung (Pfeil) der jeweiligen Abdeckplatte 20.4 und 20.5 kann in bekannter Weise mittels einer jeweiligen und von der Steuer- und/oder Regelvorrichtung beaufschlagbaren Stelleinrichtung 9.4 und 9.5 erfolgen.

[0046] Die Figur 8a zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer ersten Ausführungsform einer Entwässerungseinrichtung E6 in Form eines Hochvakuumsaugers für die erfindungsgemäße und in den Figuren 1a, 4a, 4b, 5a, 5b, 6a und 6b dargestellte und beschriebene Formiereinheit 1.

[0047] Der dargestellte und dem Fachmann wohl bekannte Hochvakuumsauger weist rein beispielhaft eine Saugzone E7 auf, die oberseitig mit einem das geführte Sieb berührenden Saugerbelag 21 versehen ist. Der Saugerbelag 21 kann in bekannter Weise gelocht, geschlitzt oder beliebig offen strukturiert sein und er weist eine maximal offene Fläche von 100 % auf. Weiterhin ist eine Abdeckplatte 22.6 vorgesehen, mittels welcher die offene Fläche des Saugerbelags 21 bis auf 0 % reduziert werden kann. Die Abdeckplatte 22.6 ist dabei innenseitig der Saugzone E7 bewegbar angeordnet (Pfeil). Die Bewegung (Pfeil) der Abdeckplatte 22.6 kann in bekannter Weise mittels einer von der Steuer- und/oder Regelvorrichtung beaufschlagbaren Stelleinrichtung 9.4. erfolgen

[0048] Die Figur 8b zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer zweiten Ausführungsform einer Entwässerungseinrichtung E6 in Form eines Hochvakuumsaugers für die erfindungsgemäße und in den Figuren 1a, 4a, 4b, 5a, 5b, 6a und 6b dargestellte und beschriebene Formiereinheit 1.

[0049] Der dargestellte und dem Fachmann wohl bekannte Hochvakuumsauger weist rein beispielhaft eine Saugzone E7 auf, die oberseitig mit einem das geführte Sieb berührenden Saugerbelag 21 versehen ist. Der Saugerbelag 21 kann in bekannter Weise gelocht, geschlitzt oder beliebig offen strukturiert sein und er weist eine maximal offene Fläche von 100 % auf. Weiterhin ist für jede Öffnung 23 des Saugerbelags wenigstens ein Mittel 24 zum Reduzieren der offenen Flächen vorgesehen. Das Mittel 24 kann beispielsweise ein Balg 25 sein, der von einer von der Steuer- und/oder Regelvorrichtung beaufschlagbaren Stelleinrichtung 9.4. beaufschlagbar ist. Mittels der Mittel 24 kann die offene Fläche des Saugerbelags 21 bis auf 0 % reduziert werden.

Bezugszeichenliste

[0050]

5	1	Formiereinheit
	2	Maschine zur Herstellung von Materialbahnen
	3	Stoffauflauf
	4	Steuer-/Regelsystem
10	5	Übergabebereich
	6	Presseneinheit
	7	Einrichtung zur zumindest mittelbaren Erfassung eines den Trockengehalt wenigstens mittelbar beschreibenden Größe
	8	Steuer- und/oder Regelvorrichtung
15	9.1 - 9.n	Stelleinrichtung
	9.4	Stelleinrichtung
	9.5	Stelleinrichtung
	10	Vorentwässerungszone
20	11.1,11.2	Siebband
	12	Doppelsiebzone
	13	Nachentwässerungszone
	14	Brustwalze
	15	Entwässerungskasten
25	15.1, 15.2	Saugzone
	16	Formationskasten
	16.1-16.n	Formationsleisten
	17	Auslaufbereich
	18	Haupttrennwand
30	19.4	Nebentrennwand
	19.5	Nebentrennwand
	20.4	Abdeckplatte
	20.5	Abdeckplatte
35	21	Saugerbelag
	22.6	Abdeckplatte
	23	Öffnung
	24	Mittel
	25	Balg
40	CD	Richtung quer zur Maschinenrichtung
	E1-E5, En-1, En	Entwässerungseinrichtung
	En.1.2, En-1.1, En-1, x	Entwässerungseinrichtung
45	E1.1, E1.2, E3.1, E3.2	Entwässerungseinrichtung
	E3	Entwässerungseinrichtung (Siebsaugwalze)
	E4	Saugzone
	E5	Saugzone
	E6	Entwässerungseinrichtung (Hochvakuum-sauger)
50	E7	Saugzone
	F	Faserstoffbahn
	FS	Faserstoffsuspension
	IP	Immobilitätspunkt
55	k	Stoffkonstante
	MD	Maschinenrichtung
	S1 - S3	Entwässerungsstrecke
	t _{saug}	Saugzeit am betrachteten Entwässerungselement E

(fortgesetzt)

	t_{Betrieb}	Einwirkdauer am betrachteten Entwässerungselement E
	$TG_{\text{E-aus}}$	Ausgangstrockengehalt an einer Entwässerungseinrichtung E
5	$TG_{\text{E-ein}}$	Eingangstrockengehalt an einer Entwässerungseinrichtung E
	$TG_{\text{En-ein}}$	Eingangstrockengehalt an einer Entwässerungseinrichtung En
	$TG_{\text{E4,5-ein}}$	Eingangstrockengehalt an einer Entwässerungseinrichtung E4, E5
	$TG_{\text{En-aus}}$	Ausgangstrockengehalt an einer Entwässerungseinrichtung En
10	$TG_{\text{E4,5-aus}}$	Ausgangstrockengehalt an einer Entwässerungseinrichtung E4, E5
	TG_{max}	Theoretisch maximal erreichbarer stoffabhängiger Trockengehalt im Auslaufbereich der Formiereinheit
	TG_{∞}	Theoretisch erreichbarer stoffabhängiger Trockengehalt an einem Entwässerungselement bei unendlicher Einwirkdauer, insbesondere Saugzeit
15	TG_{Ziel}	Zieltrockengehalt im Auslaufbereich der Formiereinheit
	VZ	Verdichtungszone
	$X_{\text{soll-TG}_{\text{Ziel}}}$	Sollwert Zieltrockengehalt im Auslaufbereich der Formiereinheit
	$X_{\text{ist-TG}_{\text{Ziel}}}$	Istwert Zieltrockengehalt im Auslaufbereich der Formiereinheit
20	Y1- Y4, Yn, Yn-1, x	Stellgröße
	X, Y, Z	Koordinaten

Patentansprüche

- 25 1. Verfahren zur Optimierung der Energiebilanz einer Formiereinheit (1) in einer Maschine (2) zur Herstellung von Faserstoffbahnen (F), insbesondere Papier-, Karton- oder Tissuebahnen, bei welchem eine über einen Stoffauflauf (3) in die Formiereinheit (1) eingebrachte Faserstoffsuspension (FS) nach Erreichen des Immobilitätspunkts (IP) über zumindest zwei Entwässerungseinrichtungen (E2 bis En) innerhalb einer sich an den Immobilitätspunkt anschließenden Verdichtungszone (VZ) zu einem Übergabebereich (17) an eine anschließende Funktionseinheit (6) geführt wird,
- 30 **dadurch gekennzeichnet,**
dass in Abhängigkeit eines unter Anlagebedingungen theoretisch maximalen erreichbaren Trockengehalts (TG_{max}) im Bereich des Übergabebereich (17) der Faserstoffbahn (F) an die nachgeordnete Funktionseinheit (6) auf der Basis der vorhandenen Entwässerungselemente (E1-En) ein Sollwert für einen einzustellenden Zieltrockengehalt ($X_{\text{soll-TG}_{\text{Ziel}}}$) vorgegeben wird, der derart gewählt wird, dass dieser kleiner als der theoretisch maximal erreichbare Trockengehalt (TG_{max}), jedoch gleich oder größer als ein erforderlicher Mindestrockengehalt im Bereich des Übergabebereichs (17) ist, und dass der Zieltrockengehalt (TG_{Ziel}) durch Verringerung des Eingangstrockengehalts ($TG_{\text{E-ein}}$) an einer der letzten in Führungsrichtung der Faserstoffsuspension (FS) angeordneten Entwässerungseinrichtungen (En) innerhalb der Verdichtungszone (VZ) gesteuert wird.
- 35 40 2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Zieltrockengehalt (TG_{Ziel}) durch Verringerung des Eingangstrockengehalts ($TG_{\text{E-ein}}$) an der in Führungsrichtung der Faserstoffsuspension (FS) zuletzt angeordneten Entwässerungseinrichtung (En) innerhalb der Verdichtungszone (VZ) gesteuert wird.
- 45 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Eingangstrockengehalt ($TG_{\text{E-ein}}$) an zumindest einer der letzten in Führungsrichtung der Faserstoffsuspension (FS) angeordneten Entwässerungseinrichtungen (En) oder der letzten Entwässerungseinrichtung (En) durch Steuerung der Entwässerungsleistung an zumindest einer dieser innerhalb der Verdichtungszone (VZ) vorgeordneten Entwässerungseinrichtung (E2 bis En-1) eingestellt wird.
- 50 55 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Betriebsparameter einer der letzten in Führungsrichtung der Faserstoffsuspension (FS) angeordneten Entwässerungseinrichtung (En) oder der letzten Entwässerungseinrichtung (En) vorgeordneten Entwässerungseinrichtung (E2 bis En-1, En-1, x) derart eingestellt werden, dass diese mit einer geringeren Entwässerungsleistung

als maximal möglich betrieben wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Zieltrockengehalt (TG_{Ziel}) geregelt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Ist-Wert des Zieltrockengehalts ($X_{ist}-TG_{Ziel}$) hinter dem letzten Entwässerungselement (En) fortlaufend oder periodisch ermittelt wird, mit dem Sollwert ($X_{soll}-TG_{Ziel}$) verglichen und die einzelnen Stalleinrichtungen (9.1-9.n-1) der einzelnen Entwässerungseinrichtungen ($E1$ bis $En-1$, $En-1,x$) als Funktion der Differenz angesteuert werden.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Zieltrockengehalt (TG_{Ziel}) vorgegeben wird, der im Bereich von 0,1 bis 5%, besonders bevorzugt 0,1 bis 3%, ganz besonders bevorzugt 0,1 bis 2% vom theoretisch erreichbaren maximalen Trockengehalt (TG_{max}) abweicht.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die, einer der letzten in Führungsrichtung der Faserstoffsuspension (FS) angeordneten Entwässerungseinrichtungen (En) oder der letzten Entwässerungseinrichtung (En) innerhalb der Verdichtungszone (VZ) vorgeordnete Entwässerungseinrichtung ($E2$ bis $En-1$, $En-1, x$) als Saugeinrichtung, insbesondere ortsfeste Saugeinrichtung oder rotierende Siebsaugwalze ausgeführt wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine der letzten in Führungsrichtung der Faserstoffsuspension (FS) angeordneten Entwässerungseinrichtungen (En) oder die letzte Entwässerungseinrichtung (En) als ortsfeste Saugeinrichtung, insbesondere ortsfeste Hochvakuumsaugvorrichtung oder als rotierende Siebsaugwalze, insbesondere Hochvakuumsaugwalze ausgeführt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest das anlegbare Vakuum einstellbar ist.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass die als ortsfeste Saugvorrichtung oder rotierende Siebsaugwalze ausgeführten Entwässerungseinrichtungen ($E1-En$, $En-1$, $En-1, x$) zumindest eine, vorzugsweise mehrere in Maschinenrichtung (MD) und/oder quer zur Maschinenrichtung (MD) ausgerichtete Saugzonen (15.1, 15.2) umfassen, die einzeln, in Gruppen oder gemeinsam ansteuerbar sind.
12. Formiereinheit (1) einer Maschine zur Herstellung von Faserstoffbahnen (F), umfassend zumindest ein eine Faserstoffsuspension (FS) wenigstens mittelbar abstützendes endlos umlaufendes Siebband (11.1, 11.2) und wenigstens zwei in Reihe geschaltete und in Durchlaufrichtung der Faserstoffsuspension (FS) innerhalb einer Verdichtungszone (VZ) hintereinander angeordnete Entwässerungseinrichtungen ($En-1$, $En-1,x$, En),
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Steuer- und/oder Regelsystem (4) vorgesehen ist, umfassend eine Steuer- und/oder Regelvorrichtung (8), die mit wenigstens einer Einrichtung (7) zur zumindest mittelbaren Erfassung einer den Trockengehalt ($X_{ist}-TG_{Ziel}$) der Faserstoffbahn (F) in einem Übergabebereich (5) aus der Formiereinheit (1) an eine nachgeordnete Funktionseinheit (6) zumindest mittelbar charakterisierende Größe, einer Einrichtung zur Vorgabe eines Sollwerts eines einzustellenden Zieltrockengehalts ($X_{soll}-TG_{Ziel}$) und zumindest mittelbar mit den Stalleinrichtungen (9.1 bis 9.n-1) einer einzelnen einer der letzten Entwässerungseinrichtungen oder der letzten Entwässerungseinrichtung (En) innerhalb der Verdichtungszone (VZ) vorgeschalteten Entwässerungseinrichtung ($E2$ bis $En-1$, $En-1,x$) verbunden ist und einen Stellgrößenbildner zur Bildung der Stellgrößen ($Y9.1$ bis $Y9.n$) der einzelnen Entwässerungseinrichtungen ($E1$ bis En).

13. Formiereinheit (1) nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuer- und/oder Regelvorrichtung (8) mit den Stelleinrichtungen (9.1 bis 9.n) der einzelnen Entwässerungseinrichtungen (E1 bis En) gekoppelt ist.

14. Formiereinheit (1) nach Anspruch 12 oder 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass die einzelne Entwässerungseinrichtung (E1 bis En) als eine der nachfolgenden Entwässerungseinrichtungen ausgeführt ist:

- Saugeinrichtung, insbesondere ortsfeste Saugeinrichtung oder rotierbare Siebsaugwalze;
- Formationskasten mit zumindest einer Saugzone und Formationsleisten ortsfest oder anpressbar;
- Formationsleisten; oder
- gekrümmtes Entwässerungselement.

Claims

1. Method for optimizing the energy balance of a forming unit (1) in a machine (2) for producing fibrous webs (F), in particular paper, board or tissue webs, in which a fibrous suspension (FS) introduced into the forming unit (1) by a headbox (3), after reaching the point of immobility (IP), is led over at least two dewatering devices (E2 to En) within a consolidation zone (VZ) following the point of immobility to a transfer region (17) to a following functional unit (6), **characterized in that**

depending on a maximum dryness (TG_{\max}) theoretically achievable under plant conditions in the area of the transition region (17) of the fibrous web (F) to the downstream functional unit (6), on the basis of the dewatering elements (E1-En) that are present, a setpoint value for a target dryness ($X_{\text{soll}}-TG_{\text{Ziel}}$) to be set is predefined, which is chosen in such a way that this is less than the maximum theoretically achievable dryness (TG_{\max}) but equal to or greater than a required minimum dryness in the area of the transition region (17), and that the target dryness (TG_{Ziel}) is controlled by reducing the input dryness ($TG_{\text{E-ein}}$) on one of the last dewatering devices (En) arranged in the guide direction of the fibrous suspension (FS) within the consolidation zone (VZ).

2. Method according to Claim 1,
characterized in that

the target dryness (TG_{Ziel}) is controlled by reducing the input dryness ($TG_{\text{E-ein}}$) on the dewatering device (En) arranged last in the guide direction of the fibrous suspension (FS) within the consolidation zone (VZ).

3. Method according to Claim 1 or 2,
characterized in that

the input dryness ($TG_{\text{E-ein}}$) on at least one of the last dewatering devices (En) arranged in the guide direction of the fibrous suspension (FS) or the last dewatering device (En) is set by controlling the dewatering performance on at least one dewatering device (E2 to En-1) arranged upstream of the latter within the consolidation zone (VZ).

4. Method according to one of the preceding claims,
characterized in that

the operating parameters of a dewatering device (E2 to En-1, En-1, x) arranged upstream of the last dewatering device (En) arranged in the guide direction of the fibrous suspension (FS) or of the last dewatering device (En) are set in such a way that the said dewatering device (E2 to En-1, En-1, x) is operated with a lower dewatering performance than the maximum possible.

5. Method according to one of the preceding claims,
characterized in that

the target dryness (TG_{Ziel}) is regulated.

6. Method according to one of the preceding claims,
characterized in that

an actual value of the target dryness ($X_{\text{ist}}-TG_{\text{Ziel}}$) after the last dewatering element (En) is determined continuously or periodically, is compared with the setpoint value ($X_{\text{soll}}-TG_{\text{Ziel}}$) and the individual actuating devices (9.1-9.n-1) of the individual dewatering devices (E1 to En-1, En-1, x) are activated as a function of the difference.

7. Method according to one of the preceding claims,
characterized in that
 a target dryness (TG_{Ziel}) is predefined which deviates from the theoretically achievable maximum dryness (TG_{max})
 in the range from 0.1 to 5%, particularly preferably 0.1 to 3%, quite particularly preferably 0.1 to 2%.
8. Method according to one of the preceding claims,
characterized in that
 the dewatering device (E2 to En-1, En-1, x) arranged upstream of one of the last dewatering devices (En) arranged
 in the guide direction of the fibrous suspension (FS) or of the last dewatering device (En) within the consolidation
 zone (VZ) is implemented as a suction device, in particular a stationary suction device or rotating wire suction roll.
9. Method according to one of the preceding claims,
characterized in that
 one of the last dewatering devices (En) arranged in the guide direction of the fibrous suspension (FS) or the last
 dewatering device (En) is implemented as a stationary suction device, in particular a stationary high-vacuum suction
 device, or as a rotating wire suction roll, in particular a high-vacuum wire suction roll.
10. Method according to either of Claims 8 and 9,
characterized in that
 at least the vacuum that can be applied is adjustable.
11. Method according to one of Claims 8 to 10,
characterized in that
 the dewatering devices (E1-En, En-1, En-1, x) implemented as a stationary suction device or rotating wire suction
 roll comprise at least one, preferably a plurality of suction zones (15.1, 15.2) aligned in the machine direction (MD)
 and/or transversely with respect to the machine direction (MD), which can be activated individually, in groups or jointly.
12. Forming unit (1) of a machine for producing fibrous webs (F), comprising at least one endlessly circulating wire belt
 (11.1, 11.2) at least indirectly supporting a fibrous suspension (FS), and at least two dewatering devices (En-1, En-
 1, x, En) connected in series and arranged one after another in the passage direction of the fibrous suspension (FS)
 within a consolidation zone (viz),
characterized in that
 a control and/or regulating system (4) is provided, comprising a control and/or regulating apparatus (8) which is
 connected to at least one device (7) for the at least indirect measurement of a variable at least indirectly characterizing
 the dryness ($X_{ist} - TG_{Ziel}$) of the fibrous web (F) in a transition region (5) from the forming unit (1) to a downstream
 functional unit (6), to a device for predefineding a setpoint value of a target dryness ($X_{soll} - TG_{Ziel}$) to be set, and at least
 indirectly to the actuating devices (9.1 to 9.n-1) of an individual dewatering device (E2 to En-1, En-1, x) connected
 upstream of one of the last dewatering devices or the last dewatering device (En) within the consolidation zone
 (VZ), and an actuating variable former for forming the actuating variables (Y9.1 to Y9.n) of the individual dewatering
 devices (E1 to En).
13. Forming unit (1) according to Claim 12,
characterized in that
 the control and/or regulating apparatus (8) is coupled to the actuating devices (9.1 to 9.n) of the individual dewatering
 devices (E1 to En).
14. Forming unit (1) according to Claim 12 or 13,
characterized in that
 the individual dewatering device (E1 to En) is implemented as one of the following dewatering devices:
- a suction device, in particular a stationary suction device or rotatable wire suction roll;
 - a forming box having at least one suction zone and forming foils that are stationary or can be pressed on;
 - forming foils; or
 - a curved dewatering element.

Revendications

1. Procédé pour optimiser le bilan énergétique d'une unité de façonnage (1) dans une machine (2) de fabrication de bandes de matière fibreuse (F), notamment des bandes de papier, de carton ou de tissu, selon lequel une suspension de matière fibreuse (FS) introduite dans l'unité de façonnage (1) par le biais d'une caisse de tête (3), après avoir atteint le point d'immobilité (IP), est amenée par le biais d'au moins deux dispositifs d'assèchement (E2 à En) à l'intérieur d'une zone de compression (VZ) adjacente au point d'immobilité vers une zone de transfert (17) à une unité fonctionnelle (6) rattachée,
caractérisé en ce
qu'une valeur de consigne pour une siccité cible ($X_{\text{soll}} - TG_{\text{Ziel}}$) à régler est prédéfinie en fonction d'une siccité maximale (TG_{max}) pouvant être obtenue théoriquement sous les conditions de l'installation à proximité de la zone de transfert (17) de la bande de matière fibreuse (F) à l'unité fonctionnelle (6) disposée à la suite sur la base des éléments d'assèchement (E1 à En) présents, ladite valeur de consigne étant choisie de telle sorte que celle-ci est inférieure à la siccité maximale (TG_{max}) pouvant être obtenue théoriquement, mais toutefois égale ou supérieure à une siccité minimale nécessaire à proximité de la zone de transfert (17), et en ce que la siccité cible (TG_{Ziel}) est commandée en réduisant la siccité d'entrée ($TG_{\text{E-ein}}$) au niveau de l'un des derniers dispositifs d'assèchement (En) à l'intérieur de la zone de compression (VZ), disposés dans le sens du guidage de la suspension de matière fibreuse (FS).
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la siccité cible (TG_{Ziel}) est commandée en réduisant la siccité d'entrée ($TG_{\text{E-ein}}$) au niveau du dispositif d'assèchement (En) à l'intérieur de la zone de compression (VZ) qui est disposé en dernier dans le sens du guidage de la suspension de matière fibreuse (FS).
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la siccité d'entrée ($TG_{\text{E-ein}}$) au niveau d'au moins l'un des derniers dispositifs d'assèchement (En) disposés dans le sens du guidage de la suspension de matière fibreuse (FS) ou du dernier dispositif d'assèchement (En) est réglée en commandant la puissance d'assèchement au niveau d'au moins l'un des ces dispositifs d'assèchement (E2 à En-1) disposés en amont à l'intérieur de la zone de compression (VZ).
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les paramètres de fonctionnement d'un dispositif d'assèchement (E2 à En-1, En-1, x) disposé en amont du dernier dispositif d'assèchement (En) disposé dans le sens du guidage de la suspension de matière fibreuse (FS) ou du dernier dispositif d'assèchement (En) sont réglés de telle sorte que celui-ci fonctionne avec une puissance d'assèchement inférieure à celle possible au maximum.
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la siccité cible (TG_{Ziel}) est régulée.
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'une** valeur réelle de la siccité cible ($X_{\text{ist}} - TG_{\text{Ziel}}$) derrière le dernier élément d'assèchement (En) est déterminée continuellement ou périodiquement, comparée avec la valeur de consigne ($X_{\text{soll}} - TG_{\text{Ziel}}$) et les dispositifs actionneurs individuels (9.1-9.n-1) des dispositifs d'assèchement (E1 à En-1, En-1, x) individuels sont commandés en fonction de la différence.
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'une** siccité cible (TG_{Ziel}) est prédéfinie, laquelle diffère de la siccité maximale (TG_{max}) pouvant être obtenue théoriquement d'une plage de 0,1 à 5 %, notamment de préférence de 0,1 à 3 %, et de manière toute préférentielle de 0,1 à 2 %.
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif d'assèchement (E2 à En-1, En-1, x) disposé en amont de l'un des derniers dispositifs d'assèchement (En) disposés dans le sens du guidage de la suspension de matière fibreuse (FS) ou du dernier dispositif d'assèchement (En) à l'intérieur de la zone de compression (VZ) est réalisé sous la forme d'un dispositif d'aspiration, notamment d'un dispositif d'aspiration fixe ou d'un rouleau aspirant égoutteur rotatif.
9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'un des derniers dispositifs d'assèchement (En) disposés dans le sens du guidage de la suspension de matière fibreuse (FS) ou le dernier dispositif d'assèchement (En) est réalisé sous la forme d'un dispositif d'aspiration fixe, notamment d'un dispositif d'aspiration à vide poussé fixe, ou d'un rouleau aspirant égoutteur rotatif, notamment d'un rouleau aspirant égoutteur à vide poussé.

10. Procédé selon l'une des revendications 8 ou 9, **caractérisé en ce qu'**au moins le vide pouvant être appliqué est réglable.

11. Procédé selon l'une des revendications 8 à 10, **caractérisé en ce que** les dispositifs d'assèchement (E1-En, En-1, En-1, x) réalisés sous la forme d'un dispositif d'aspiration fixe ou d'un rouleau aspirant égoutteur rotatif comprennent au moins une, de préférence plusieurs zones d'aspiration (15.1, 15.2) orientées dans le sens de la machine (MD) et/ou transversalement par rapport au sens de la machine (MD), lesquelles peuvent être commandées individuellement, par groupes ou ensemble.

12. Unité de façonnage (1) d'une machine de fabrication de bandes de matière fibreuse (F), comprenant au moins une bande de filtration (11.1, 11.2) circulant sans fin qui soutient au moins indirectement une suspension de matière fibreuse (FS) et au moins deux dispositifs d'assèchement (En-1, En-1, x, En) connectés en série et disposés l'un derrière l'autre dans le sens de défilement de la suspension de matière fibreuse (FS) à l'intérieur d'une zone de compression (VZ),

caractérisée en ce

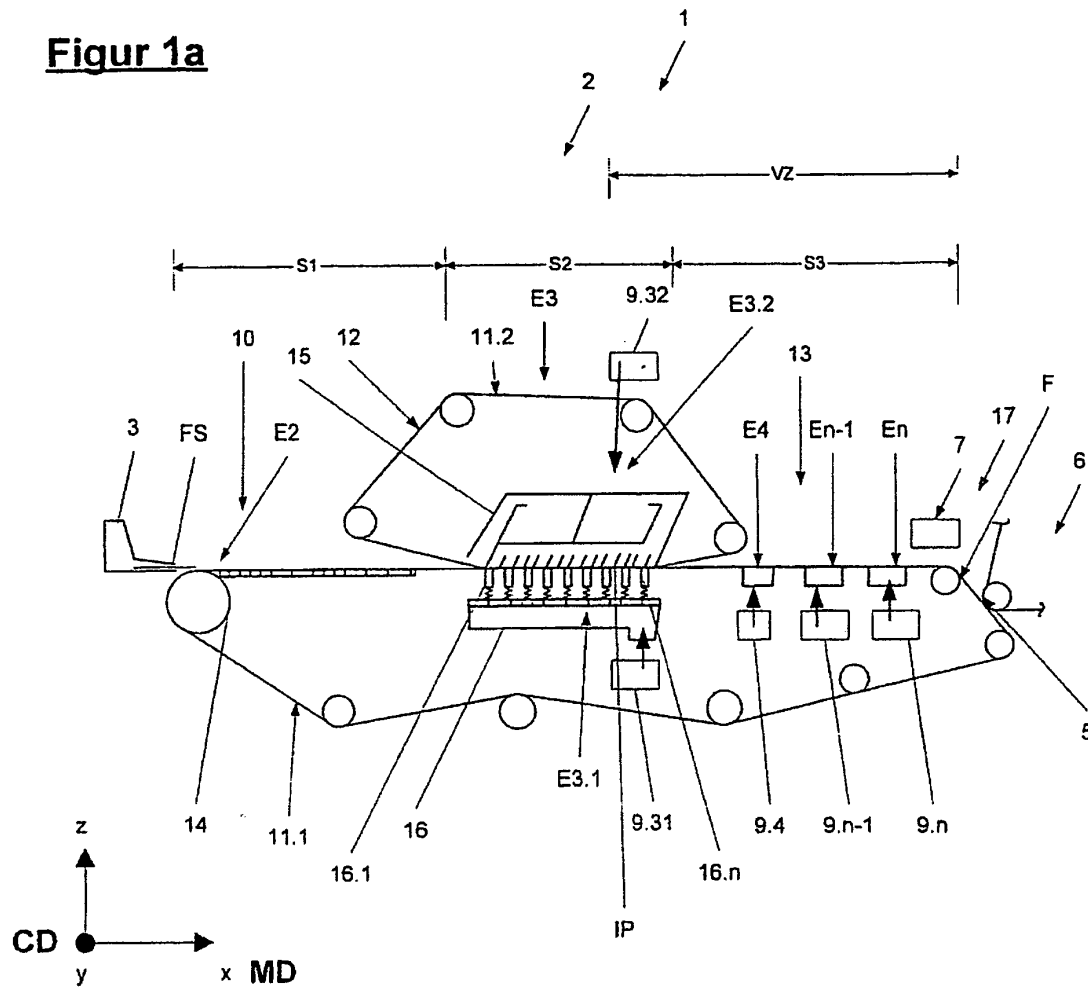
qu'il est prévu un système de commande et/ou de régulation (4), comprenant un dispositif de commande et/ou de régulation (8) qui est relié avec au moins un équipement (7) destiné à détecter au moins indirectement une grandeur qui caractérise au moins indirectement la siccité ($X_{ist-TG_{Ziel}}$) de la bande de matière fibreuse (F) dans une zone de transfert (5) depuis l'unité de façonnage (1) à une unité fonctionnelle (6) disposée à la suite, un équipement pour indiquer une valeur de consigne d'une siccité cible à régler ($X_{soll-TG_{Ziel}}$) et au moins indirectement avec les dispositifs actionneurs (9.1 à 9.n-1) d'un dispositif d'assèchement (E2 à En-1, En-1, x) individuel disposé en amont de l'un des derniers dispositifs d'assèchement ou du dernier dispositif d'assèchement (En) à l'intérieur de la zone de compression (VZ) et un générateur de grandeur de commande pour former les grandeurs de commande (Y9.1 à Y9.n) des dispositifs d'assèchement (E1 à En) individuels.

13. Unité de façonnage (1) selon la revendication 12, **caractérisée en ce que** le dispositif de commande et/ou de régulation (8) est couplé avec les dispositifs actionneurs (9.1 à 9.n) des dispositifs d'assèchement (E1 à En) individuels.

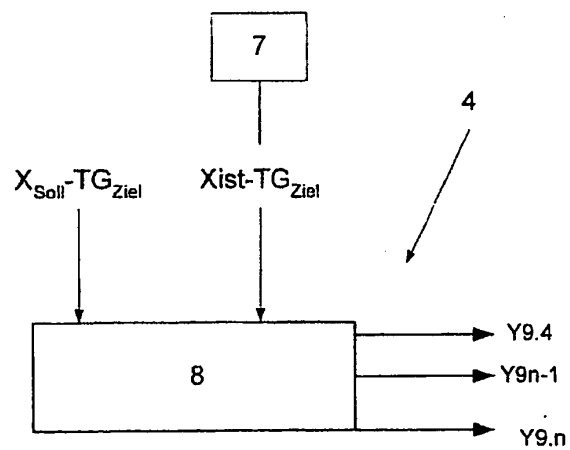
14. Unité de façonnage (1) selon la revendication 12 ou 13, **caractérisée en ce que** les dispositifs d'assèchement (E1 à En) individuels sont réalisés sous la forme de l'un des dispositifs d'assèchement suivantes :

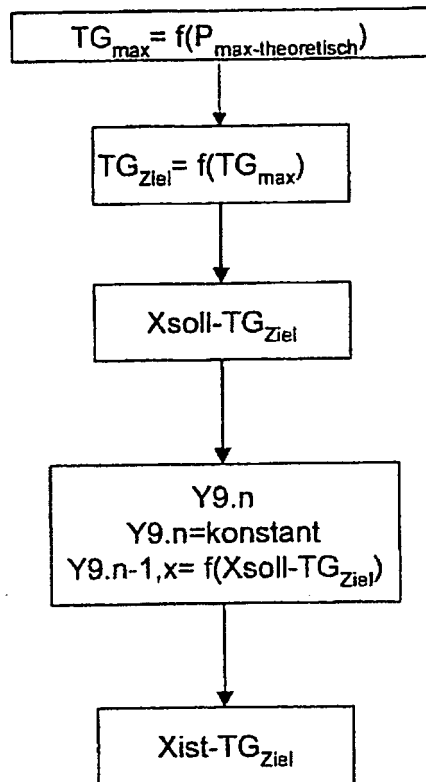
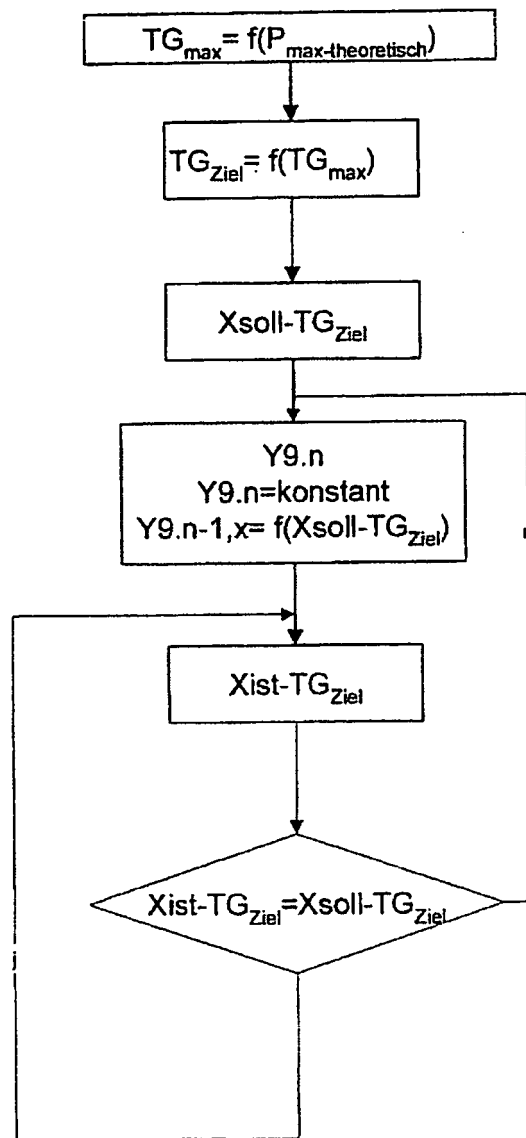
- dispositif d'aspiration, notamment dispositif d'aspiration fixe ou rouleau aspirant égoutteur rotatif ;
- caisson de façonnage comprenant au moins une zone d'aspiration et des barres de façonnage fixes ou compressibles ;
- barres de façonnage ; ou
- élément d'assèchement arqué.

Figur 1a

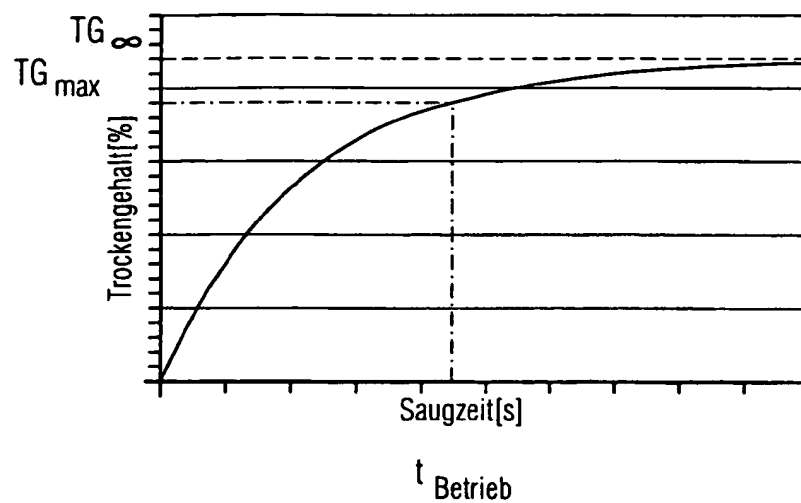


Figur 1b

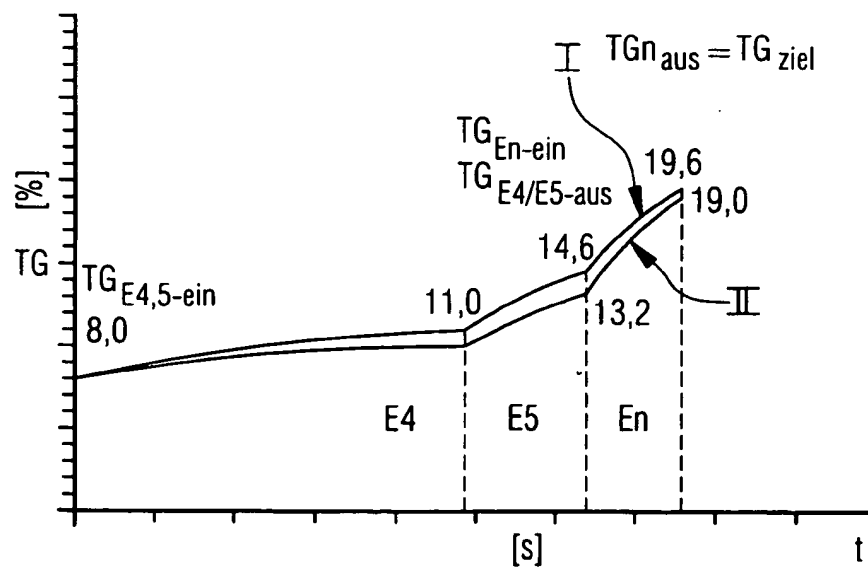


Figur 2a**Figur 2b**

Figur 3a

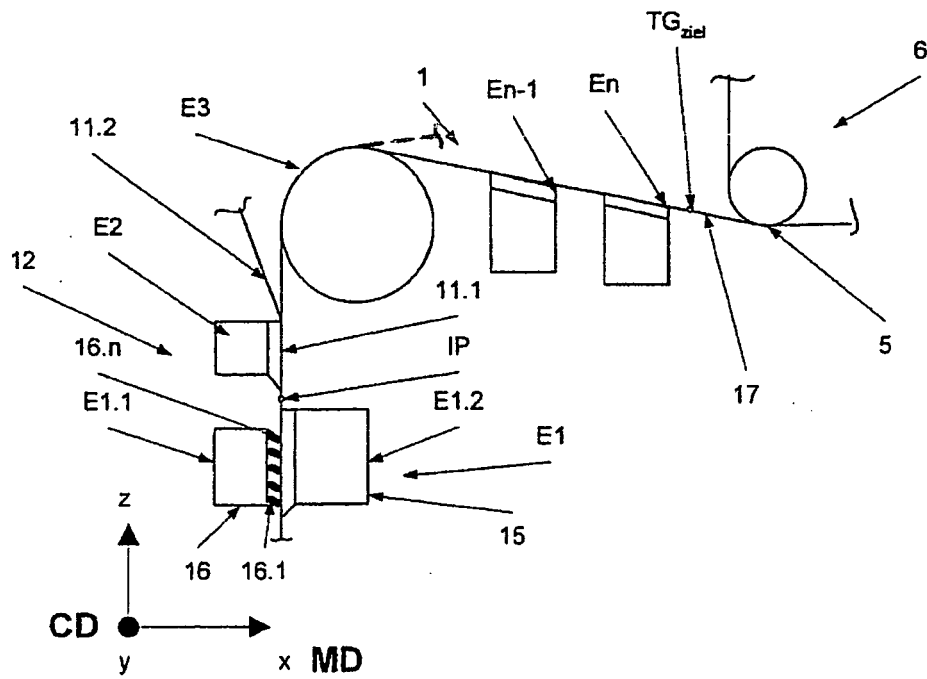


Figur 3b

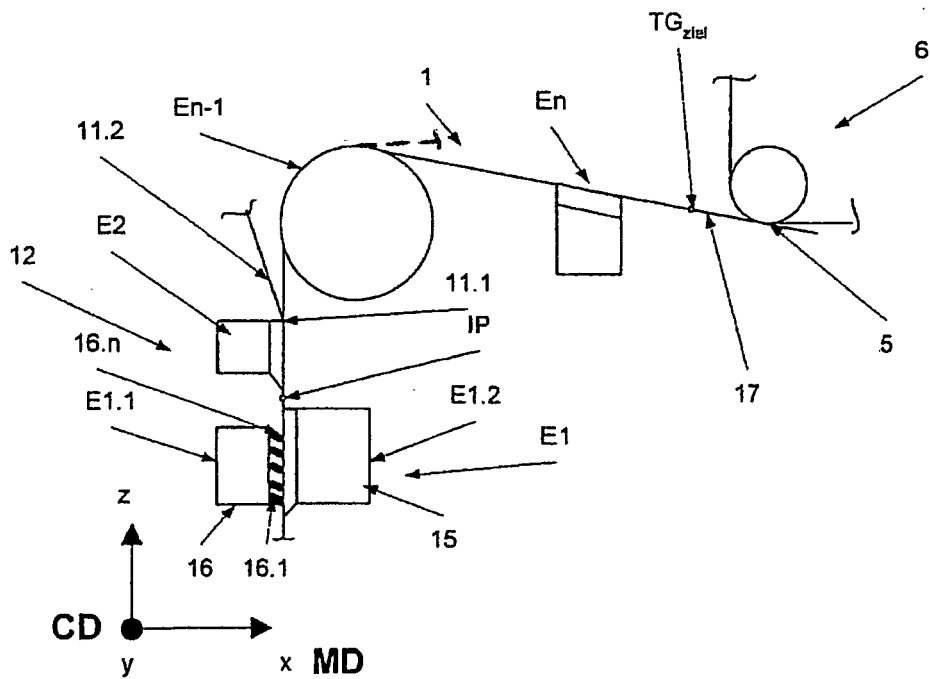


ERSATZBLATT (REGEL 26)

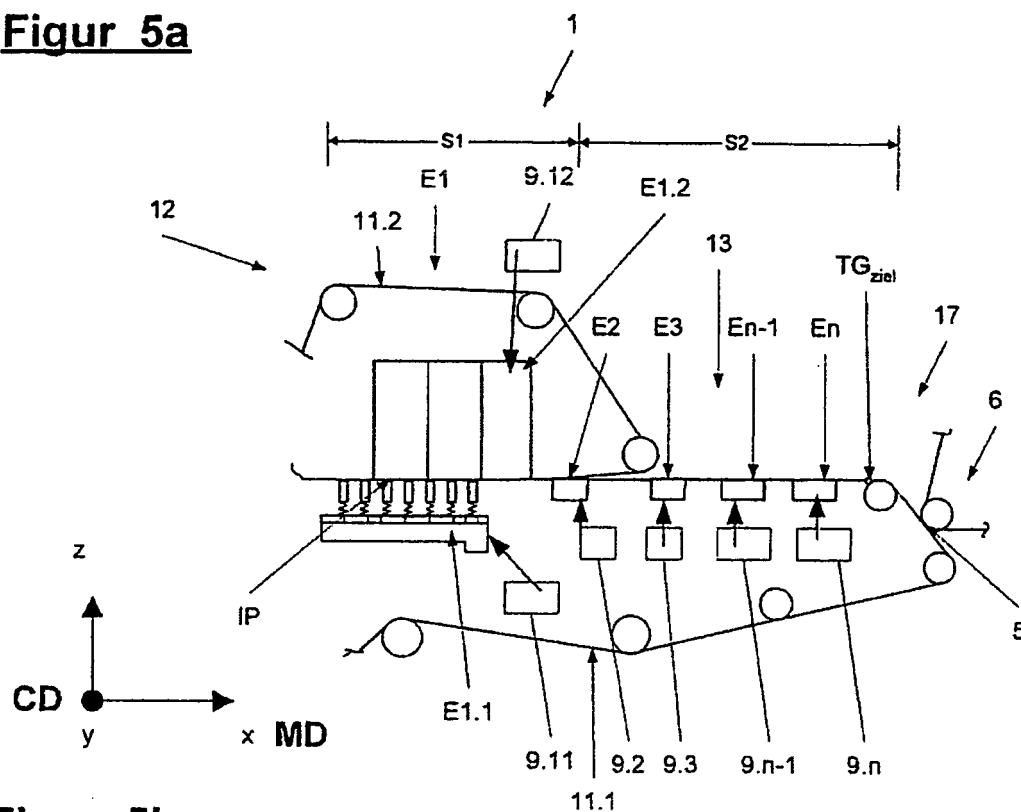
Figur 4a



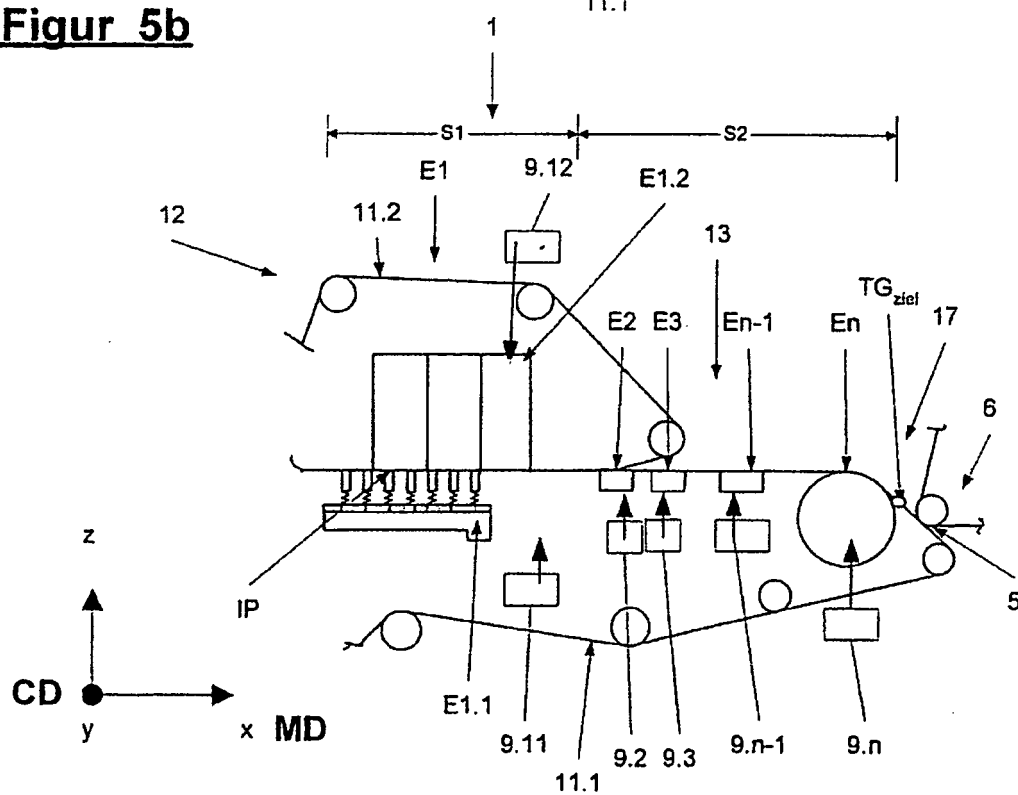
Figur 4b



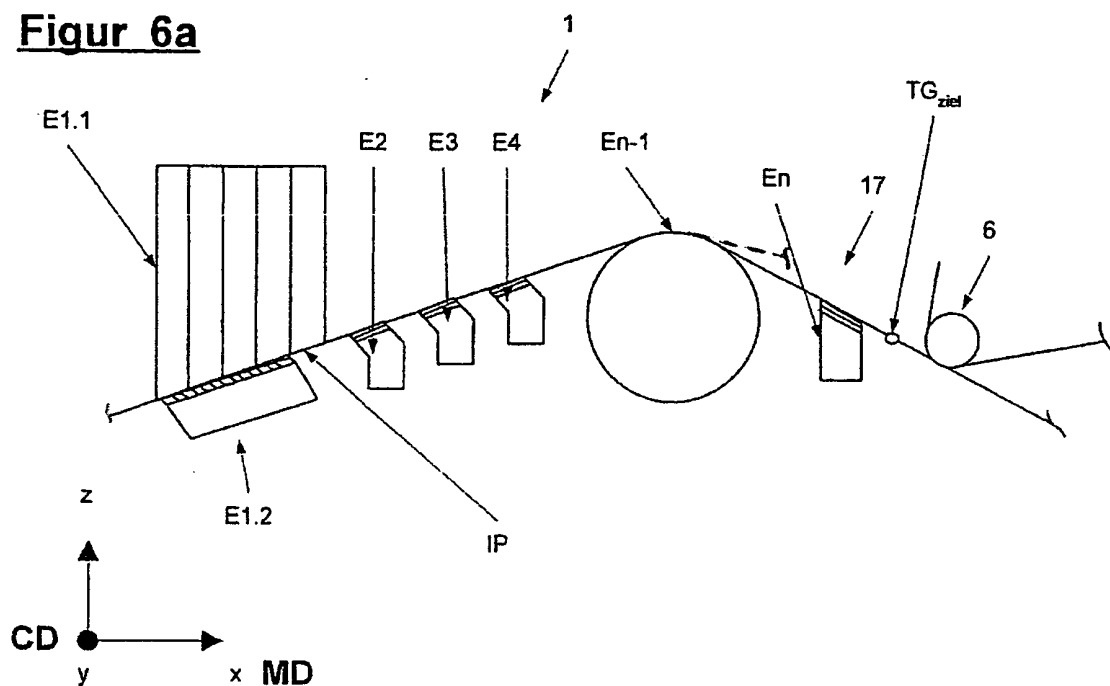
Figur 5a



Figur 5b



Figur 6a



Figur 6b

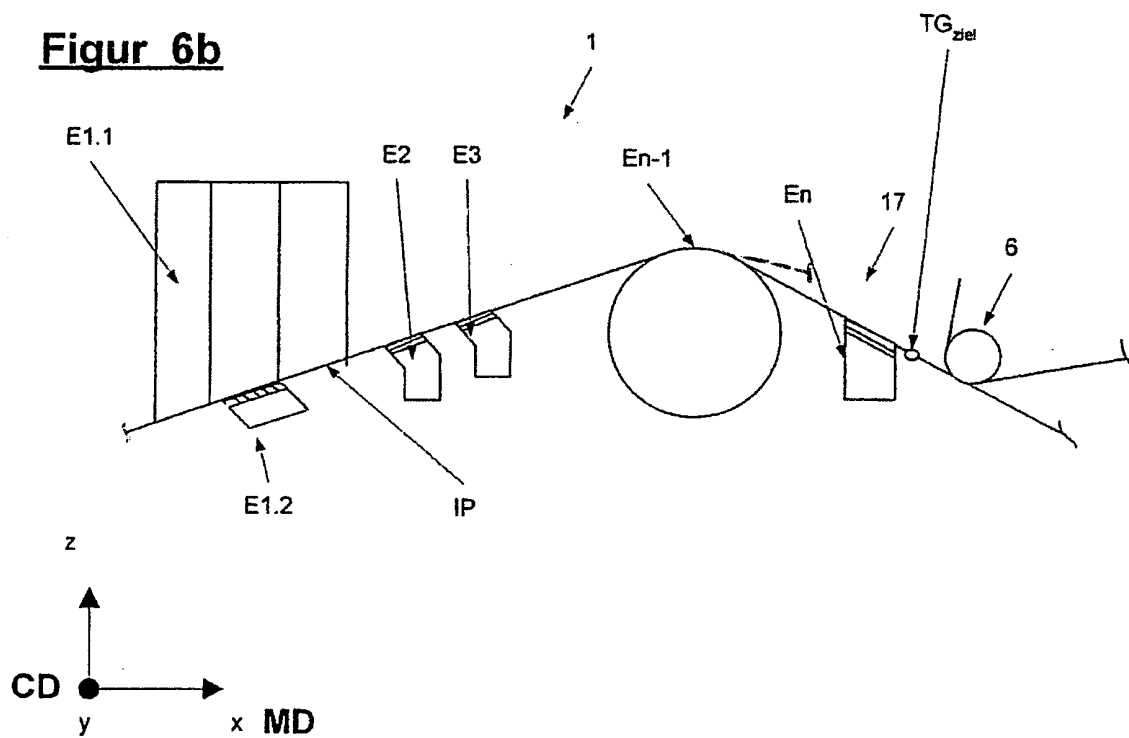


Fig.7a

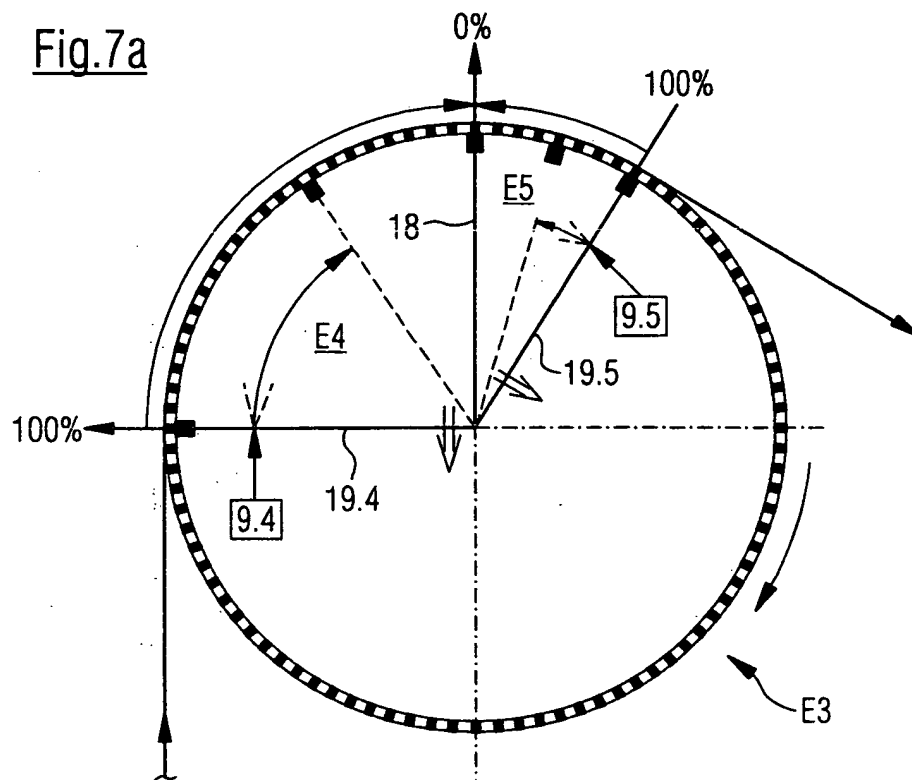


Fig.7b

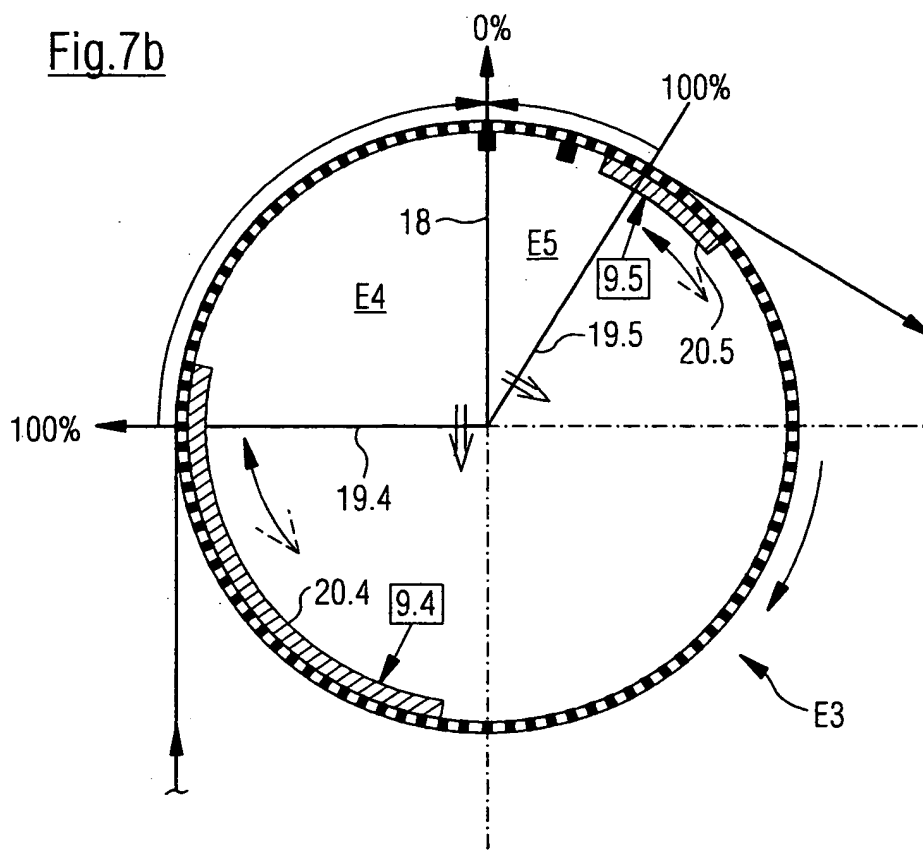


Fig.8a

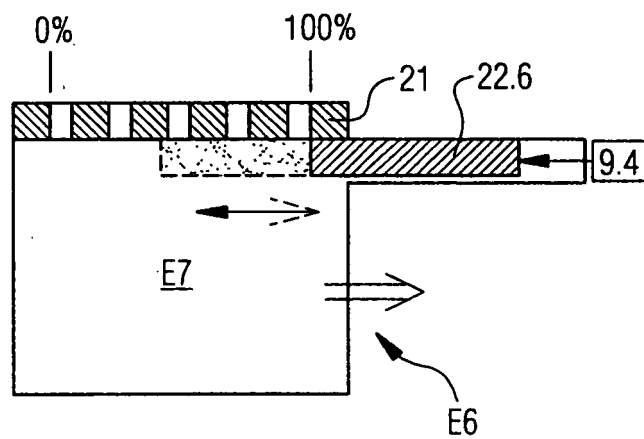
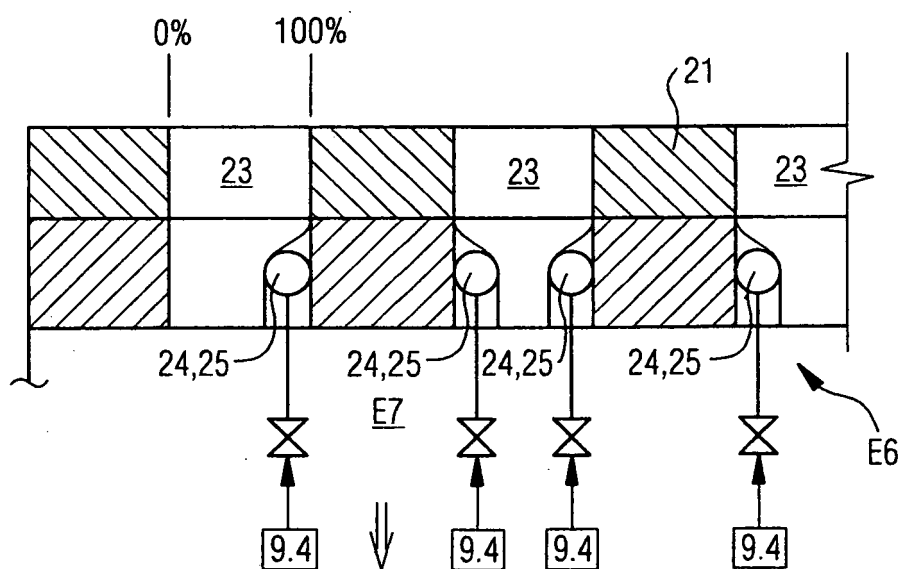


Fig.8b



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 1426488 A1 **[0004]**
- EP 1454012 B1 **[0005]**
- EP 1137845 B1 **[0006]**
- EP 1063348 A2 **[0007]**